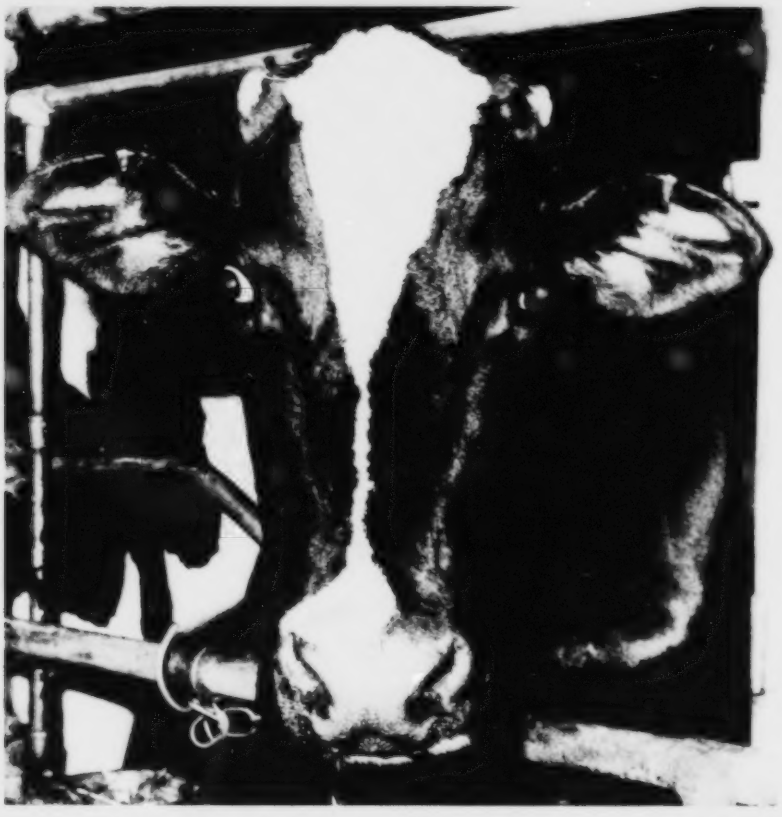
CONSEIL
DES
PRODUCTIONS
ANIMALES
DU QUÉBEC

SYMPOSIUM
BOVINS LAITIERS

NOURRIR DE NOUVELLES IDÉES



Le 20 octobre 1988
Centre municipal des congrès de Québec

Québec

89-04660/

CONSEIL
DES
PRODUCTIONS
ANIMALES
DU QUÉBEC

SYMPOSIUM
BOVINS LAITIERS

NOURRIR DE NOUVELLES IDÉES

CENTRE MUNICIPAL DES
CONGRÈS DE QUÉBEC

20 OCTOBRE 1988

ORGANISATION

PRÉSIDENT DU COLLOQUE

Jean-Luc Laroche, agronome, Service de la nutrition (ruminants), Coopérative Fédérée de Québec, Montréal.

MODÉRATEURS

Pierre Doyle, agronome, agent du programme ROP laitier, région du Québec, Direction de l'inspection agricole, Agriculture Canada, Montréal.
Guy Charbonneau, co-propriétaire, Ferme Vachalê enr., éleveur Holstein, Sainte-Anne-des-Plaines.

COMITÉ BOVINS LAITIERS

Pierre Laliberté, président
Gilles Rivard
Jean-Luc Laroche
Charles Bachand
Elliott Block
Jean Brisson
Guy Charbonneau
Pierre Doyle
Bertrand Farmer
Denis Harvey
Hélène Lapierre
Doris Pellerin

SECRÉTARIAT

200-A, chemin Sainte-Foy, 2e étage
Québec, (Québec) G1R 4X6
Vincent Moffet, agronome, secrétaire adjoint du Conseil des productions animales du Québec.
Paule Châtigny, responsable de l'inscription.

RESPONSABLE DU COCKTAIL

Francine Maheu, agent de promotion, Fédération des producteurs de lait du Québec.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale
3e trimestre 1988
ISBN 2-551-12010-1

MOT DU PRÉSIDENT

Le Comité bovins laitiers du Conseil des productions animales du Québec est heureux de vous inviter à ce 13ième Symposium qui, fidèle à la tradition, saura sûrement susciter votre intérêt.

Pour faire face à l'évolution constante du secteur laitier, le producteur et son conseiller doivent rechercher de nouvelles avenues et doivent « **nourrir de nouvelles idées** ».

Par exemple, pour réduire les coûts de production et améliorer la rentabilité de l'entreprise, nous devons produire des fourrages de qualité. Pour récolter et conserver ces fourrages, nous devons constamment évaluer de nouvelles méthodes de fenaison et d'entreposage.

Pour s'assurer de la qualité de ces fourrages, nous devons effectuer des analyses basées sur des échantillons représentatifs. Comment peut-on réduire les délais et s'assurer de la précision des analyses sur lesquelles repose la validité des programmes alimentaires?

Les besoins des consommateurs sont en constante évolution. Ces besoins affecteront à moyen terme l'utilisation du lait par les transformateurs. Quels sont les facteurs qui influencent la composition du lait et sa qualité? Quelles sont les implications du paiement du lait en fonction de ses composantes?

Différentes études nous montrent que le succès en gestion de la reproduction repose sur une bonne détection des chaleurs. Ainsi, de nouveaux outils pour aider les producteurs à détecter efficacement les chaleurs pourraient contribuer à maintenir l'efficacité reproductive du troupeau parallèlement à la hausse constante du niveau de production.

Selon différentes études économiques, les coûts d'élevage d'une génisse varient entre 1 100 $ et 1 300 $. Pour réduire les coûts d'immobilisation, le logement des génisses dans une étable froide mérite notre attention. Cette méthode peut constituer une alternative intéressante à l'étable chaude.

La relève agricole est une préoccupation constante des producteurs. Un jeune agriculteur, en voie d'établissement, nous fera part de ses vues sur l'importance de la formation et de la qualité de vie sur une ferme. De plus, avec la complexité grandissante des opérations d'une entreprise laitière, l'agriculteur doit s'informer auprès de plusieurs intervenants. Comment peut-il concilier les informations parfois divergentes de ces intervenants? Comment perçoit-il leur façon de collaborer pour améliorer son efficacité et sa qualité de vie? Un jeune agriculteur raconte...

Ce 13ieme Symposium est le fruit de plusieurs mois d'efforts des conférenciers et de leurs collaborateurs. Ceux-ci ont recueilli et fait la synthèse des données les plus récentes de la recherche et vous feront part de leur réflexion durant ce Symposium. Pour se préparer aux changements en agriculture, nous devons **nourrir de nouvelles idées**.

Sachant que votre participation et votre intérêt feront de cet événement un autre succès, je souhaite à tous la bienvenue à ce 13ieme Symposium sur les bovins laitiers.

Le Président du Symposium,
Jean-Luc Laroche, agronome

CONFÉRENCIERS ET COLLABORATEURS

NOUVELLES MÉTHODES DE CONSERVATION DES FOURRAGES

Conférencier: Philippe Savoie, Ph. D., ingénieur-agronome, Station de recherche de Lennoxville, Agriculture Canada, Département de génie rural, Université Laval.

Collaborateurs: Sylvain Beauregard, ingénieur jr., assistant de recherche, Université Laval.
Donald Tremblay, ingénieur-agronome, étudiant gradué, Université Laval.
Mario Quévillon, ingénieur-agronome, conseiller régional, M.A.P.A.Q., Abitibi-Témiscamingue.
Henry Garino, Ph. D., agronome, professeur, Université McGill.
André Amyot, agronome, M.A.P.A.Q., Station de recherche de Deschambault.

LE LAIT QUE VOUS PRODUISEZ RÉPOND-IL ADÉQUATEMENT AUX ATTENTES DES TRANSFORMATEURS?

Conférencier: Jacques Goulet, Ph. D., agronome-microbiologiste, professeur au Département de sciences et technologie des aliments, Université Laval.

LES ANALYSES DE FOURRAGES: PUIS-JE M'EN PASSER?

Conférencier: Bertrand Farmer, M. Sc., agronome, professeur au Département de zootechnologie, Institut de technologie agro-alimentaire de Saint-Hyacinthe.

Collaborateurs: Louis A. Bolduc, agronome, conseiller régional en productions animales, M.A.P.A.Q., Saint-Louis de France.
Jean Brisson, agronome, directeur du Département de nutrition, Shur-Gain, Brossard.
Robert Châteauneuf, chimiste, chef de laboratoire, M.A.P.A.Q., Alma.
André Hamelin, chimiste, chef du laboratoire, M.A.P.A.Q., Nicolet.
Michel Jetté, agronome, professeur au Département de G.E.E.A., Institut de technologie agro-alimentaire, Saint-Hyacinthe.
Richard Poulin, chimiste, directeur du laboratoire, Coopérative Fédérée de Québec, Montréal.

LE DOSAGE DE LA PROGESTÉRONE CHEZ LA VACHE: APPLICATION ET LIMITES.

Conférencier: Denis Harvey, M. Sc., D.M.V., professeur adjoint, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

Collaborateurs: Denis Vaillancourt, M. Sc., D.M.V., professeur adjoint, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.
Gilles Rivard, D.M.V., consultant en santé animale, Direction de la santé animale, M.A.P.A.Q., Rock Forest.
Denis Giroux, D.P.H., pharmacien, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal.

LE LOGEMENT EN ÉTABLE FROIDE DONNE DES GÉNISSES EN SANTÉ.

Conférencier: David Fisk, M. Sc., ingénieur-agronome, conseiller régional, M.A.P.A.Q., Buckingham.

Collaborateurs: Georges Lemire, D.M.V., vétérinaire praticien, Hôpital vétérinaire Lachute inc., Lachute.
Laurent Larouche, ingénieur-agronome, conseiller régional, M.A.P.A.Q., Alma.
Marcel Dusseault, ingénieur-agronome, conconseiller régional, M.A.P.A.Q., Rock Forest.

L'AGRICULTURE PAR CHOIX ET AGRICULTEUR PAR FORMATION.

Conférencier: Jean Bissonnette, d.t.a., producteur laitier, Ferme Val-Bisson, Saint-Polycarpe.

Collaborateurs: Gilles Bissonnette, producteur laitier, Ferme Val-Bisson, Saint-Polycarpe.
Jean-Luc Laroche, agronome, Service de la nutrition (ruminants), Coopérative Fédérée de Québec, Montréal.
Jacques Brodeur, M. Th., professeur de philosophie, Institut de technologie agro-alimentaire, Saint-Hyacinthe.

TABLE DES MATIÈRES

NOUVELLES MÉTHODES DE CONSERVATION DES FOURRAGES
Conférencier: Philippe Savoie
Collaborateurs: Sylvain Beauregard
Donald Tremblay
Mario Quévillon
Henry Garino
André Amyot _____ 9

LE LAIT QUE VOUS PRODUISEZ RÉPOND-IL AUX ATTENTES DES TRANSFORMATEURS?
Conférencier: Jacques Goulet _____ 41

LES ANALYSES DE FOURRAGES: PUIS-JE M'EN PASSER?
Conférencier: Bertrand Farmer
Collaborateurs: Louis Bolduc
Jean Brisson
Robert Châteauneuf
Richard Poulin
André Hamelin
Michel Jetté _____ 57

LE DOSAGE DE LA PROGESTÉRONE CHEZ LA VACHE: PRINCIPES, APPLICATION ET LIMITES
Conférencier: Denis Harvey
Collaborateurs: Denis Vaillancourt
Gilles Rivard
Denis Giroux _____ 97

LE LOGEMENT EN ÉTABLE FROIDE DONNE DES GÉNISSES EN SANTÉ
Conférencier: David Fisk
Collaborateurs: Georges Lemire
Laurent Larouche
Marcel Dusseault _____ 107

L'AGRICULTURE PAR CHOIX ET AGRICULTEUR PAR FORMATION
Conférencier: Jean Bissonnette
Collaborateurs: Gilles Bissonnette
Jean-Luc Laroche
Jacques Brodeur _____ 131

NOUVELLES MÉTHODES DE CONSERVATION DES FOURRAGES

Philippe Savoie,
Sylvain Beauregard,
Donald Tremblay,
Mario Quévillon,
Henry Garino,
André Amyot.

INTRODUCTION

La conservation des fourrages est nécessaire pour l'alimentation des ruminants pendant les périodes où les animaux ne peuvent paître, ce qui est le cas pendant au moins 8 mois par année au Québec. On note même une tendance chez certains producteurs à servir des fourrages conservés 12 mois par année pour uniformiser l'alimentation et la gestion du troupeau dans l'étable. On peut conserver le fourrage sous forme sèche (fenaison et déshydratation) ou sous forme humide (ensilage).

La majorité des producteurs au Québec continue à récolter le fourrage sous forme de foin. D'après Statistiques Canada (1982, 1987), le nombre de presses à foin sur les fermes du Québec a diminué de 31770 à 27509 puis à 26247 en 1976, 1981 et 1986 respectivement. Pendant ce temps, le nombre de fourragères a augmenté de 6104 à 7632 puis à 8402 en 1976, 1981 et 1986, respectivement. L'ensilage continue à progresser au détriment du foin. Cependant, le nombre de fermes équipées pour récolter le foin demeure très supérieur au nombre de fermes équipées pour la récolte de l'ensilage.

Les statistiques n'indiquent pas la proportion de fourrage sous forme de foin et celle sous forme d'ensilage. On sait toutefois qu'il y avait environ 12500 silos à fourrages et à grains humides sur les fermes du Québec en 1983 (St-Pierre, 1983). Cela représente une capacité d'environ 1,5 million de tonnes d'ensilage sur une base sèche. La production annuelle de fourrage oscille entre 4 et 5 millions de tonnes d'équivalent foin depuis quelques années (BSQ, 1986). On peut donc déduire que l'ensilage est le mode de conservation utilisé pour 30 à 35% des fourrages tandis que 65 à 70% des fourrages sont encore conservés sous forme de foin.

L'engouement observé pour l'ensilage durant les années 1970 s'est estompé au cours des années 1980, en particulier à cause de son coût élevé. L'ensilage traditionnel en silo-tour, alors proposé, nécessite des investissements importants tant pour l'entreposage que pour le matériel de récolte. Jubinville (1984) rapporte que les coûts annuels d'entreposage sont de 23 $, 43 $ et 74 $ par tonne de matière sèche (tms) pour des silos-tours en douves de béton, en béton monolitique avec atmosphère contrôlée et en acier vitrifié, respectivement. Ces coûts sont relativement élevés pour conserver un fourrage qui vaut entre 80 et 120 $/tms. C'est pourquoi on commence à voir depuis quelques années de nouveaux systèmes d'ensilage beaucoup moins coûteux qui utilisent un film de plastique mince, en polyéthylène, pour assurer l'étanchéité du silo. Les principaux systèmes d'ensilage à recouvrement plastique sont les silos-boudins, l'ensilage de grosses balles rondes et le silo-meule.

On assiste aussi à plusieurs nouveautés dans le domaine de la fenaison. Les faneurs à toupies se sont répandus rapidement au cours des dernières années; les faucheuses à disques sont de plus en plus populaires; on parle du conditionnement chimique et du retournement des andains pour accélérer le séchage des fourrages. Le but de chacune de ces innovations consiste en

général à améliorer l'efficacité du chantier de récolte et la qualité du fourrage conservé.

Confronté à de nombreuses nouveautés pour récolter ou entreposer les fourrages, l'agriculteur a parfois de la difficulté à discerner les produits qui sont bénéfiques de ceux qui ne le sont pas. L'objectif de cette conférence est d'éclairer ces choix. On fera un tour d'horizon des nouveautés en fenaison et en ensilage. Du côté fenaison, on s'attardera aux nouvelles méthodes de fauche et de conditionnement; on traitera des manipulations d'andains pour accélérer le séchage; on verra comment on peut conserver le foin humide. Du côté ensilage, on examinera les moyens de réduire la puissance nécessaire à la récolte et au hachage; on décrira en détail comment conserver de l'ensilage en silo-meule et en balles rondes; on analysera le rôle que peuvent jouer les additifs pour une bonne conservation de l'ensilage.

NOUVELLES MÉTHODES DE FENAISON

EXIGENCES DE LA FENAISON

Pour récolter un foin de qualité, il faut tenir compte de 3 variables essentielles: le stade de maturité de la plante, la vitesse de séchage et les pertes au champ. Voyons comment on peut optimiser ces variables.

Maturité à la fauche

À partir de données de Rochat et de Gervais (1975), Jubinville (1983) a démontré que la valeur monétaire de la fléole passait de 132 $/tms à 60 $/tms entre le stade végétatif et le stade floraison. La qualité de la fléole chute rapidement avec l'avancement de la maturité; durant la première semaine après le début gonflement, la perte monétaire peut atteindre 4 $/jour/tms. Sur une période d'un mois, la perte de valeur moyenne de la fléole est de 2,50 $/jour/tms. Dans le cas de la luzerne, la perte de qualité est échelonnée sur une période légèrement plus longue (Bertrand et Gervais, 1979). D'après Jubinville (1983), elle équivaut à une perte monétaire de 1,80 $/jour/tms.

Un fourrage coupé tôt sera d'excellente qualité mais sera moins abondant qu'un fourrage coupé à un stade de maturité avancé. Cependant, la perte de rendement à la première coupe est presque complètement compensée par un rendement accru en deuxième et troisième coupes. En principe, il est plus avantageux de faire plusieurs coupes hâtives que de faire une seule coupe tardive; le rendement global sera à peu près le même mais la qualité sera nettement supérieure avec les coupes hâtives. En pratique, toutefois, la coupe hâtive pose plus de problèmes de séchage et de pertes au champ. Aussi, une troisième coupe au début d'octobre ne peut être conservée sous forme sèche en raison du temps frais et pluvieux qui sévit dans nos régions à cette époque de l'année. Ces contraintes rendent difficile la récolte de grandes quantités de fourrage de qualité sous forme de foin sec.

Temps de séchage

La durée du séchage des fourrages au champ dépend de 3 facteurs principaux: l'environnement, la plante elle-même et les traitements mécaniques ou chimiques. Parmi les facteurs environnementaux, le rayonnement solaire est de loin le plus important; d'après Rotz et Chen (1985), il explique en moyenne 60% de l'évaporation d'eau des fourrages coupés. Les autres facteurs environnementaux sont la température de l'air, l'humidité relative de l'air (ou déficit de pression de vapeur), la vitesse du vent et l'humidité du sol. La pluie et la rosée peuvent retarder considérablement le séchage des fourrages.

Il existe des différences de séchage entre les espèces fourragères. Owen et Wilman (1983) ont comparé le taux de séchage de plusieurs graminées fourragères. La fétuque élevée sèche 2 fois plus vite que le raygrass anglais. Le raygrass d'Italie et le dactyle ont un taux de séchage intermédiaire entre la fétuque et le raygrass anglais.

Le rendement influence aussi le taux de séchage. Plus il est élevé, plus l'andain sera épais et plus le séchage des couches inférieures sera lent. C'est pourquoi des prairies fertilisées semblent sécher plus lentement que des prairies non fertilisées. La différence du taux de séchage s'explique essentiellement par une différence de rendement.

La maturité de la plante influence aussi la vitesse à laquelle le fourrage sèche au champ. Généralement, un fourrage mature sèche plus vite qu'un fourrage immature pour 2 raisons principales. D'une part, le fourrage mature contient beaucoup moins d'eau au moment de la fauche. D'autre part, les résistances physiologiques à l'évaporation semblent moins fortes chez les plantes matures. Savoie et al. (1984) ont observé que la fléole, au stade gonflement, coupée vers le 15 juin nécessitait au moins 3 bonnes journées de séchage avant d'être assez sèche pour la récolte et l'entreposage dans le séchoir à foin à 30% de teneur en eau. La fléole au stade fin floraison coupée vers le 20 juillet séchait en une journée et demie. Cependant, la plante avait une valeur alimentaire très faible à un stade si tardif.

Les traitements mécaniques ou chimiques peuvent influencer la vitesse de séchage. Ces aspects feront l'objet d'une discussion détaillée dans les sections suivantes. Il importe de retenir que la vitesse de séchage des fourrages est soumise à un grand nombre de facteurs. On a intérêt à ce que le temps de séchage soit le plus court possible. Toutefois, le foin jeune et nutritif exige plus de temps de séchage que le foin mature et fibreux. Il faut donc chercher des techniques pour faciliter le séchage d'un foin de qualité.

Pertes au champ

Les pertes au champ pendant la fenaison varient entre 18 et 30% selon Rees (1982). D'après Cabon (1982), elles sont de l'ordre de 4 à 5% par jour de séchage au champ pour les légumineuses. Les pertes au champ sont occasionnées soit par les traitements mécaniques, soit par la respiration cellulaire qui oxyde des hydrates de carbone, soit par la pluie qui peut dissoudre et lessiver d'importantes substances nutritives.

Savoie (1983) a relevé que les pertes qualitatives pouvaient être aussi importantes que les pertes quantitatives. Il a estimé que la réduction de la concentration de protéine pouvait être de l'ordre de 0,75% par jour. Ceci s'explique par le fait que la plus grande partie des pertes est au niveau des feuilles, beaucoup plus nutritives que les tiges. Ainsi, une luzerne fauchée à 20% de protéine brute n'en contiendra plus que 17% environ après 4 jours au champ. La valeur énergétique du fourrage baisse à peu près dans la même proportion.

Potentiel d'amélioration

Au Québec, on exploite environ 1 million d'hectares de fourrages à un rendement moyen de 4 tms/ha (BSQ, 1986). Selon la qualité, le fourrage peut valoir entre 60 $ et 132 $ la tonne sèche. Ainsi, la valeur globale des fourrages se situe entre 240 et 528 millions $. Si les producteurs récoltaient 1 semaine plus tôt le fourrage, on pourrait s'attendre à une plus-value d'environ 15 $/t, soit 60 millions $ pour l'ensemble de la province. S'il était possible de réduire d'une journée en moyenne le temps de séchage, on récolterait 200000 t de plus de fourrage sans compter que celui-ci aurait une valeur nutritive accrue.

Au niveau de l'entreprise, on peut assez facilement envisager une bonification de 10 à 20 $/t de fourrage, en récoltant plus tôt et en réduisant les pertes au champ. Sur une ferme laitière moyenne de 35 vaches plus les animaux de remplacement, la consommation annuelle de foin est d'environ 250 t. L'économie potentielle est de l'ordre de 2 500 à 5 000 $ par année.

Le potentiel d'amélioration est donc considérable, tant au niveau de l'entreprise qu'au niveau de la province où il est de l'ordre de 40 à 60 millions $ par année. Cette économie se réfléterait par une réduction des achats de grains et de suppléments protéiques. Elle peut être réalisée par des investissements lourds en machinerie, en entrepôts et en traitements de toutes sortes. Si on investit trop, les bénéfices nets risquent toutefois d'être faibles, sinon négatifs. En revanche, une bonne régie de la fenaison peut apporter une productivité accrue à un faible coût en capital. Les sections suivantes exploreront les possibilités techniques pour améliorer la fenaison sous nos conditions.

FAUCHE, ANDAINAGE ET CONDITIONNEMENT

Le producteur doit d'abord décider du meilleur moment pour commencer à faucher. Il faudra tenir compte du rendement du fourrage et de sa valeur nutritive. En retardant la fauche, le rendement sera accru tandis que la qualité sera réduite. Il existe un moment optimal où le produit du rendement par la valeur unitaire du fourrage est maximal. Puisque la récolte ne peut se faire en une seule journée, il faut choisir une période optimale selon la capacité des machines disponibles et la superficie à récolter. La possibilité d'aller chercher une coupe supplémentaire ou le regain peut aussi influencer la date des coupes précédentes. En général, on fauchera plus tôt si l'on espère aller chercher plus de regain.

Au jour le jour, on doit tenir compte des prévisions météorologiques avant de faucher. Cependant, on doit parfois faire un compromis entre les pertes dues à la pluie et les pertes dues à un retard dans la fauche qui peuvent s'élever jusqu'à 2,50 $/tms par jour en raison de l'augmentation de la fibre des plantes.

Dans cette section, on discutera brièvement de l'influence de l'heure de fauche sur la qualité des fourrages et on décrira divers types de faucheuses et l'importance de la largeur des andains sur le séchage du foin.

Heure de fauche

Plusieurs agriculteurs se demandent s'il est préférable de faucher le matin ou le soir. Les plantes contiennent théoriquement plus de sucres solubles et de matière sèche en fin de journée que le matin à cause de la photosynthèse durant la journée (accumulation de sucres) et de la respiration durant la nuit (conversion du sucre en gaz carbonique et en eau). De plus, la respiration de la plante coupée semble plus faible que celle de la plante sur pied.

Il existe peu de données expérimentales sur le sujet. Wieringa (1969) a fauché des graminées à 16 h 00 et le lendemain matin à 9 h 00. À 16 h 00, elles contenaient 11,7% de sucres solubles tandis que le lendemain matin elles en contenaient seulement 8,3%. Le fourrage fauché à 16 h 00 et laissé au champ toute la nuit contenait encore 11,0% de sucres solubles le lendemain matin à 9 h 00. Donc il peut être avantageux de faucher le soir pour conserver un fourrage plus riche en sucre. Ceci est particulièrement important pour un fourrage conservé sous forme d'ensilage; le contenu élevé en sucres solubles favorise la fermentation lactique.

Pour la récolte du foin qui nécessite normalement au moins 2 belles journées de séchage, il peut être moins intéressant de faucher en fin de journée,

surtout lors d'une journée ensoleillée. On perdra 1 journée de séchage, ce qui augmente le risque d'avoir des andains avariés par la pluie. La nuit n'offre pas en général des conditions favorables au séchage du foin.

Il faudrait sans doute faire plus de recherche pour déterminer s'il y a un intérêt économique à se soucier de l'heure de fauche. Avec les connaissances actuelles, la fauche le soir pourrait être avantageuse pour la conservation d'ensilage plus riche en sucres solubles tandis que la fauche le matin semble mieux adaptée à la fenaison pour bien tirer profit de l'énergie solaire nécessaire au séchage. On peut imaginer que dans un avenir pas si lointain la fauche se fera le soir ou la nuit lorsqu'on prévoit 1 ou 2 belles journées favorables au fanage.

Types de faucheuses

Il existe 2 types de machines pour faucher les fourrages, soit la faucheuse à barre de coupe, soit la faucheuse rotative. La première est constituée d'une barre munie de doigts fixes qui retiennent les tiges des fourrages. Une lame munie de couteaux se déplace en mouvement de va-et-vient et coupe les tiges par cisaillement. La deuxième faucheuse, rotative, possède un axe à rotation rapide à la périphérie duquel se trouvent des couteaux qui coupent les tiges par impact. L'axe peut être horizontal, comme sur la faucheuse à fléaux, ou vertical comme sur les faucheuses à disques ou à tambours.

Les faucheuses à barre de coupe exigent peu d'énergie par rapport aux faucheuses rotatives. Par contre, les barres de coupe ont beaucoup plus tendance à bourrer dans les fourrages denses ou versés; elles exigent beaucoup d'entretien pour l'affûtage des couteaux et leur remplacement fréquent. C'est pourquoi les faucheuses rotatives, particulièrement celles à disques ou à tambours, gagnent en popularité; elles permettent de travailler à plus grande vitesse qu'avec les barres de coupe, sans risquer de perdre beaucoup de temps en réparation.

Les faucheuses rotatives exercent une certaine succion lors de leur opération. Elles peuvent aspirer de la poussière du sol qui se retrouvera mêlée au fourrage. En général, cela ne cause pas d'inconvénient. Toutefois, pour la conservation du fourrage sous forme d'ensilage, certaines poussières contenant des bactéries clostridiennes peuvent favoriser une fermentation butyrique, peu souhaitable pour l'alimentation animale. Ainsi, l'emploi de la faucheuse rotative pour la récolte de l'ensilage peut parfois nécessiter l'ajout d'additifs pour obtenir une bonne fermentation ou pour stabiliser rapidement le fourrage humide.

Les faucheuses à fléaux ont la particularité de hacher grossièrement les tiges en plusieurs morceaux, contrairement aux autres faucheuses qui coupent la tige en 1 seul point à la base. Ce hachage grossier accroît la vitesse de séchage au champ; il accroît aussi les pertes puisque beaucoup de brins courts sont perdus lors des manipulations subséquentes. Les faucheuses à fléaux sont généralement considérées trop dommageables pour être utilisées pour la récolte du foin. Cependant, elles présentent un intérêt certain pour l'ensilage de balle ronde. En principe, les brins hachés libéreront les sucres solubles plus rapidement pour la fermentation que les tiges longues obtenues avec les autres faucheuses.

Largeur des andains

Plusieurs modèles de faucheuses ont des déflecteurs à l'arrière qui permettent de faire varier la largeur des andains au moment de la fauche. La formation d'andains étroits à la coupe peut éliminer le besoin de râteler. Par contre, si le séchage est ralenti, le foin sera exposé plus longtemps aux

aléas climatiques. Un foin mouillé devra être tourné de toute manière et subir des pertes importantes de qualité et de quantité.

Une expérience faite à Deschambault en 1983 (Savoie et al., 1984; Savoie, 1985) avait pour but de mesurer dans quelle mesure les andains étroits ralentissaient le séchage par rapport aux andains larges. L'objectif de l'expérience était de mesurer la vitesse de séchage de foins de graminées en fonction de 4 dates de coupe au premier cycle végétatif et en fonction de la largeur des andains.

Avec une faucheuse-conditionneuse à rouleaux fauchant 2,67 m de largeur en moyenne, on formait soit des andains larges (1,71 m), soit des andains étroits (1,12 m). À un stade de maturité très hâtif, soit le stade gonflement coupé le 13 juin, on notait que les andains larges séchaient beaucoup mieux que les andains étroits. Sans autre manipulation après la fauche, les andains larges étaient prêts à être récoltés au cours de la troisième journée de fanage tandis que les andains étroits ne pouvaient être récoltés avant la quatrième journée. Ce foin immature est très feuillu; il se tasse, forme un andain compact et sèche lentement. Il a donc avantage à être étalé largement derrière la faucheuse. De plus, il peut bénéficier de manipulations subséquentes dont il est question plus loin dans le texte.

Au fur et à mesure que la maturité avance, on note moins de différence de séchage entre des andains larges et des andains étroits. Le fourrage lui-même devient plus sec sur pied avec la maturité. La teneur en eau de la fléole fraîchement coupée passe de 81% à 59% entre le stade gonflement et le stade grenaison. On dit avec raison que le foin sèche sur pied avec l'avancement de la maturité. De plus, le foin mûr contient de grosses tiges qui forment des andains bien structurés et bien ventilés. Le foin très mûr peut sécher en une journée et demie au champ, donc 2 fois plus vite que le foin immature, et cela peu importe que les andains soient étroits ou larges. En bref, il est important de former des andains larges surtout pour bien faire sécher les fourrages jeunes et feuillus.

Conditionnement mécanique

Le conditionnement mécanique a pour but de modifier la structure de la plante fourragère afin d'augmenter le taux de séchage au champ sans pour autant occasionner trop de pertes de feuilles. Nous décrirons brièvement les conditionneurs courants ainsi que la recherche actuelle sur le surconditionnement.

Le nouveau guide des plantes fourragères (C.P.V.Q., 1986) mentionne 5 principes pour conditionner les tiges des fourrages: le broyage, le crêpage, le martelage, le frottement et le tronçonnage. Le broyage consiste à écraser les tiges par compression entre 2 rouleaux lisses. Le crêpage consiste à plier les tiges à intervalle régulier en les faisant passer entre 2 rouleaux crénelés qui s'engrènent; les faucheuses-conditionneuses à rouleaux récentes sont équipées de rouleaux crénelés dont les barrettes sont larges, de façon à écraser les tiges tout en les pliant, combinant broyage et crêpage. Le martelage, ou conditionnement avec fléaux, est obtenu en projetant les tiges coupées contre le capot de la faucheuse. Le frottement consiste à enlever par abrasion une partie de la pellicule cireuse (cuticule) à la surface des tiges; il se réalise à l'aide de doigts de plastique rigide ou articulés montés sur un rotor, sur certaines faucheuses rotatives. Le tronçonnage consiste à couper les tiges en brins plus ou moins courts; même s'il favorise le séchage, il est surtout utilisé dans la récolte d'ensilage d'herbe en coupe directe et l'affouragement en vert (zéro-grazing). Les pertes élevées lors du ramassage des andains limitent l'usage de cette dernière technique dans la fenaison.

Au Michigan, Rotz et Sprott (1984) ont effectué une étude comparative de diverses faucheuses-conditionneuses au niveau de l'efficacité du condi-

tionnement, des pertes de matière sèche au champ, de la consommation de carburant et des besoins de puissance à la prise de force. Les résultats sont présentés au tableau 1. Le coefficient de séchage, exprimé en h^{-1}, est une mesure indirecte de la vitesse moyenne de séchage; plus il est élevé, plus le fourrage sèche rapidement. Les coefficients de séchage dans le tableau représentent une moyenne de 4 coupes de luzerne réparties sur 2 ans.

La faucheuse à fléaux, avec conditionnement par martelage, a permis d'obtenir un séchage plus rapide que les autres machines, mais en occasionnant des pertes de matière sèche 2 fois plus importantes (6,2% versus 2,8% pour les 4 autres machines). Ces pertes plus abondantes étaient dues aux nombreux brins courts présents dans les andains suite au conditionnement sévère, et qui n'étaient pas ramassés par le râteau. Le fourrage le plus lent à sécher fut obtenu avec la faucheuse à disques avec rotor à doigts. Le conditionnement par frottement, conçu spécialement pour un fourrage de graminées, était nettement moins efficace que le conditionnement avec rouleaux (crêpage et éclatement) sur un fourrage de luzerne, au niveau du séchage. De même, l'efficacité du conditionnement mécanique n'était pas influencée par la vitesse d'avancement (8 à 16 km/h, faucheuse à disques et conditionneur à rouleaux).

La largeur et la structure des andains affectent considérablement l'effet du conditionnement sur le séchage des fourrages. Un andain large sèche plus vite qu'un andain étroit, suite à une meilleure exposition aux radiations solaires; un andain bouffant, mieux aéré, sèche plus rapidement qu'un andain compact. La faucheuse-conditionneuse avec barre de coupe et rouleaux produisait un andain large et uniforme; ce facteur expliquait en partie les bons résultats de cette machine sur le séchage. De même, l'efficacité de la faucheuse-conditionneuse à disques et rouleaux était en partie due à la structure bouffante des andains obtenus. La structure des andains explique également la faible efficacité de la faucheuse-conditionneuse à tambours et rouleaux; les 2 séries de tambour tendaient à diviser le fourrage en 2 andains étroits et denses, difficiles à sécher malgré le conditionnement. Pour un effet maximum du conditionnement mécanique, les volets arrière de la faucheuse-conditionneuse devraient être ouverts à pleine largeur. Ceci est vrai sous des conditions climatiques favorables; en cas de pluie, les andains larges et conditionnés présentaient des pertes de qualité plus importantes que les andains étroits suite au lessivage des éléments nutritifs.

En ce qui concerne la puissance de récolte, la faucheuse-conditionneuse avec barre de coupe et rouleaux utilisait moins de puissance à la prise de force et de 2 à 3 fois moins de carburant par tonne de matière sèche récoltée que les autres machines. Pour un même mécanisme de fauche (disques), le conditionnement avec rotor à doigts nécessite plus de puissance (31 versus 18 kW) et plus de carburant que le conditionnement avec rouleaux. Par ailleurs, pour un même conditionnement (rouleaux), la faucheuse à tambour demande beaucoup plus de puissance (38 kW versus 18 ou 14 kW) que les faucheuses à disques et barre de coupe; le diamètre plus élevé des tambours induit un couple plus grand et la puissance requise est proportionnelle au couple.

Le surconditionnement

Le séchage d'un fourrage jeune, nutritif mais très humide à la coupe, nécessite au moins 3 jours au champ, dans des bonnes conditions climatiques, et souvent l'apport de la ventilation en grange pour conserver le foin sans développement de moisissures.

Depuis près d'une dizaine d'années, des chercheurs de l'Indiana et du Wisconsin essaient de développer le concept du surconditionneur à fourrage. Krutz et al. (1979) ont décrit le concept comme une série de rouleaux broyeurs

entre lesquels les fourrages sont macérés et aplatis en une couche mince. Les fourrages sont ensuite déposés sur les chaumes et peuvent sécher en 4 à 6 heures seulement jusqu'à une teneur en eau inférieure à 20%. Shinners et al. (1985) ont développé un surconditionneur de 1 m de largeur pour faire des essais en champ. La technique requiert à peu près la même quantité d'énergie qu'une fourragère effectuant un hachage moyen; le produit récolté est toutefois un foin séché au champ, de très grande qualité parce qu'il est coupé à un excellent stade de maturité et parce qu'il n'est pas exposé longtemps aux aléas climatiques. Le principal inconvénient de la technique est la difficulté de ramasser cette couche mince séchée sans occasionner des pertes considérables. La recherche se poursuit afin d'accroître la résistance des minces couches de fourrage au ramassage mécanique.

L'avantage économique du surconditionnement serait considérable. Savoie et al. (1985b) ont évalué que l'accroissement de la vitesse de séchage au champ de 20% seulement augmentait la valeur du fourrage sur une ferme laitière typique de 10 à 15%. Pour une ferme utilisant 250 t (matière sèche) de fourrage évalué à 100 $/tms, l'économie potentielle est de 2 500 $ par an. Le producteur pourrait donc investir 10 000 $ de plus dans une faucheuse-surconditionneuse, par rapport à une faucheuse-conditionneuse classique et récupérer son investissement assez rapidement. La technique sera peut-être encore plus avantageuse pour les producteurs de foin commercial qui sont capables de négocier un prix en fonction de la qualité du fourrage. Il reste que la recherche en est encore seulement au stade du prototype et que certains problèmes techniques, notamment le ramassage des andains friables, doivent encore être solutionnés.

Conditionnement chimique

Le conditionnement chimique a pour objet de favoriser les pertes d'eau au travers des barrières naturelles des plantes par la réduction des résistances stomatales et cuticulaires. On a déjà expliqué ailleurs en détail (Savoie, 1986) le mode d'action des produits chimiques et les méthodes d'application. On s'attardera ici à en évaluer l'intérêt économique.

Le conditionnement chimique consiste à arroser une solution aqueuse de carbonate de potassium sur la luzerne lors de la fauche. La solution désorganise les cires cuticulaires de façon à accroître la perméabilité de la plante et l'évaporation de l'eau. Ce genre de traitement accélère le séchage de 20 à 40% chez les légumineuses mais il n'a aucun effet sur les graminées.

Les principaux coûts du conditionnement chimique sont: l'équipement de pulvérisation, les produits chimiques et le temps supplémentaire requis pour la fauche. Le principal bénéfice est une réduction du temps de séchage qui équivaut à une réduction des pertes au champ ou à une amélioration de la valeur monétaire du fourrage.

L'achat et l'installation d'une rampe de pulvérisation, d'une pompe et du système de canalisation représente un déboursé d'environ 1 375 $. Amorti sur 5 ans à un taux d'intérêt annuel de 10%, le système coûte environ 363 $ par an en charges fixes. Le produit chimique à base de carbonate de potassium coûte environ 2,20 $/kg sous un emballage commercial. À un taux de dilution de 28 g/L d'eau, la solution coûte 61,60 $/1 000 L. Les frais supplémentaires pour le remplissage de la citerne dépendent du taux d'application, de la capacité du réservoir et du coût de la main-d'oeuvre. Pour des taux d'application entre 150 et 600 L/ha, on estime que les frais additionnels de main-d'oeuvre varient entre 1,19 et 2,73 $/ha si la main-d'oeuvre est rémunérée à 7,00 $/h.

Les bénéfices dépendent essentiellement de l'économie du temps de séchage et de la réduction des pertes. La réduction du temps de séchage

dépend à la fois du rendement fourrager et du taux d'application. Pour un taux d'application constant à l'hectare, les déshydratants ont moins d'effet si le rendement est élevé. À partir d'une équation de séchage de la luzerne tenant compte du taux d'application de K_2CO_3 développé par Rotz et Chen (1985), Beauregard (1985) a calculé la réduction du temps de séchage sous des conditions de séchage typique pour Montréal au mois de juin (une température de 18,9°C et une insolation totale quotidienne de 20,25 MJ/m²) et une largeur d'andain égale à 70% de la largeur de coupe. On peut sauver jusqu'à 1,82 jour de séchage avec un taux élevé d'application et un faible rendement. Les pertes quantitatives sont estimées à 5% de la récolte par jour au champ, d'après une moyenne de plusieurs auteurs (Savoie, 1983). Évaluée à 100 $/tms, la luzerne perd 5 $/tms/jour. Les pertes qualitatives sont estimées à 0,72% de protéine brute par jour d'exposition au champ pour la luzerne. La protéine brute étant évaluée à 0,60 $/kg (300 $/t pour du tourteau à 50% de protéine), la perte qualitative équivaut à 4,32 $/tms/jour. Au total, une réduction d'un jour de séchage au champ peut valoir 9,32 $/tms. Le tableau 2 illustre la rentabilité du conditionnement chimique pour divers rendements et divers taux d'application. Pour un faible rendement de 1 tms/ha, le fourrage sèche assez vite sans traitement; celui-ci n'est jamais rentable. Pour des rendements de 2 à 5 tms/ha, le taux d'application optimal se situe entre 150 et 300 L/ha. Cependant, on peut noter que le profit net reste faible, à peine plus de 3 $/ha dans les meilleures conditions. Rotz (1985) a estimé que les bénéfices nets pouvaient être en moyenne 165 $ par année au Michigan pour une ferme de 26 ha en luzerne. C'est une technologie qui réduit les risques lors de la fenaison. Mais on peut se demander si son faible bénéfice net justifie le temps nécessaire pour la maîtriser.

La plus grande fraction du coût demeure le produit chimique. En tant que produit agricole, le carbonate de potassium coûte 2,20 $/kg. Cependant, les fournisseurs industriels demandent un prix d'environ 1,45 $/kg. Il est encore possible de réduire le coût en introduisant une certaine proportion de carbonate de sodium à la place du K_2CO_3; d'après Rotz et Thomas (1985), l'accélération de la vitesse du séchage est maintenue. Un inconvénient majeur dans le calcul économique vient du fait que les déboursés sont réels tandis que les bénéfices sont indirects, soit une plus grande quantité de fourrage récoltée et une réduction des besoins de tourteaux de soja. Ces bénéfices indirects ne sont pas toujours complètement monnayables. En raison du faible bénéfice net espéré (3 $/ha tout au plus) comparativement au déboursé exigé (entre 16 et 26 $/ha), il est peu probable que le conditionnement chimique devienne une technique importante pour les producteurs de foin de luzerne.

MANIPULATION DES ANDAINS

Le séchage du fourrage en andain n'est pas uniforme; l'évaporation d'un andain fraîchement fauché a lieu surtout en surface, sous l'action du rayonnement solaire, et est très faible à la base de l'andain. Il se forme donc une variation de teneur en eau dans l'andain du bas, plus humide, vers le haut, plus sec; cette variation est d'autant plus marquée que l'andain est épais et dense. Certains traitements mécaniques ont été développés afin d'uniformiser et d'accélérer le séchage des andains: les deux principaux sont le fanage et le retournement des andains.

Fanage

Le fanage est la méthode traditionnelle d'étaler le foin sur une plus grande surface de sol afin de mieux l'exposer aux conditions climatiques. Le gyrofaneur, ou faneur à toupie, est muni de doigts qui soulèvent et éparpillent l'andain derrière son passage. Certaines nouvelles machines comme les râteaux rotatifs à double rotor permettent d'effectuer le fanage en plus du râtelage.

Des essais réalisés en Europe ont étudié l'effet du fanage sur le séchage de diverses graminées. Jones et Harris (1979) ont indiqué que le fanage est plus efficace au début du séchage, peu après la fauche. Lorsque le fourrage est humide, c'est la forme de l'andain qui limite l'évaporation de l'eau; en étalant l'andain, on accélère le séchage du fourrage. Lorsque le fourrage est demi-sec (50% d'eau et moins), la résistance physiologique des plants devient dominante; le fanage n'a alors que peu ou pas d'effet sur le séchage. Ces chercheurs mentionnent aussi que le fanage fréquent des andains à une teneur en eau comprise entre 70% et 50% accélère significativement le séchage. Cette plage de teneurs en eau correspondant à la fermeture des stomates, le fourrage en surface de l'andain développe rapidement une résistance à l'évaporation plus importante que celui à l'intérieur de l'andain; chaque brassage des andains permet alors d'exposer le fourrage plus humide et crée des andains plus aérés en soulevant le foin.

Plus récemment, une expérience fut réalisée à Deschambault au cours des étés 1984 et 1985 afin de mesurer l'effet du faneur à toupies sur le séchage et les pertes de divers fourrages (Pattey et al. 1988; Savoie, 1988). Le fourrage était fauché à l'aide d'une faucheuse-conditionneuse à rouleaux avec barre de coupe. Les andains derrière la faucheuse étaient soit larges (1,83 m en moyenne), soit étroits (1,14 m en moyenne). Le fanage était réalisé vers 9 heures le lendemain de la fauche, alors que le foin avait une teneur en eau de 60% environ. L'effet du stade de maturité des cultures fourragères était aussi considéré en fauchant à 3 dates à la première coupe: les 10 et 25 juin et le 9 juillet en 1984; les 11 et 27 juin et le 9 juillet en 1985. Ces dates correspondent aux stades fin montaison, épiaison et fin floraison pour la fléole, et aux stades bouton, début floraison et pleine floraison pour la luzerne.

Sous des conditions climatiques favorables, le fanage a augmenté la vitesse de séchage des andains étroits (plus humides) de 77% et celle des andains larges (plus secs) de 22%, sur une période de 3 h après le fanage. Sur une période de 8 h après le fanage (une journée complète), l'augmentation de la vitesse de séchage était de 58 et 28% pour les andains étroits et larges respectivement. Sous des conditions climatiques plus humides, le fanage a augmenté le taux de séchage de 46 et 39% pour une période de 3 et 8 h respectivement; il y avait alors peu de différence entre les andains larges et étroits. Le fanage s'avérait plus utile lorsque utilisé sur un fourrage jeune et humide ou pour étaler des andains mouillés par la pluie; l'andainage large derrière la faucheuse est presque aussi efficace que le fanage lorsque le fourrage est mature. L'effet du fanage sur le séchage fut le même pour le fléole et la luzerne.

Les pertes dues au fanage, mesurées au champ, étaient inférieures à 0,5% chez la fléole et variaient entre 1 et 4% chez la luzerne; ces pertes augmentaient légèrement avec l'avancement en maturité du fourrage. Des essais en laboratoire à l'aide d'un faneur miniature révèlent que le fanage de la fléole à une teneur en eau supérieure à 40% occasionnera des pertes inférieures à 2%; le fanage de la luzerne provoquera 4, 6 et 8% des pertes à des teneurs en eau de 60, 50 et 40% respectivement. Les pertes de fourrage étaient constituées de près de 75% de feuilles riches en éléments nutritifs. Ainsi, le passage du faneur dans des andains relativement secs (40% d'eau) de luzerne au début floraison réduira la protéine brute de 21,2% à 20,2%, en plus de causer 8% de pertes de matière sèche. Le fanage est vraisemblablement plus profitable dans des andains humides et dans un fourrage de graminées plutôt qu'un fourrage de luzerne.

Retournement des andains

Le retournement des andains est une nouvelle technique développée depuis peu aux États-Unis afin de favoriser le séchage des fourrages au champ; elle consiste à faire effectuer à l'andain une rotation de 180° afin de ramener sur le dessus la couche plus humide du dessous. Quelques manufacturiers

américains ont commencé à mettre sur le marché des retourneurs d'andains depuis 1986; plusieurs machines sont encore au stade de prototypes.

Une expérience fut réalisée à Deschambault sur la première et la deuxième coupe de l'été 1987 pour mesurer l'effet du retournement des andains sur le séchage et les pertes de matière sèche de fourrages de fléole et de luzerne (Savoie et Beauregard, 1988). Les objectifs comprenaient le choix du meilleur moment pour retourner et la comparaison de 3 différents retourneurs. À la première coupe, le retournement était appliqué 4 h après la fauche, 24 h après la fauche, 4 h et 24 h après la fauche ou pas du tout, sur des andains larges (1,60 m en moyenne) et étroits (1,15 en moyenne). Pendant la première journée de séchage, le retournement a augmenté la vitesse de séchage des andains larges (plus secs) et étroits (plus humides) de 12 et 48% respectivement. Pendant la deuxième journée de séchage, les andains qui avaient été retournés une seule fois, peu importe si c'était 4 h ou 24 h après la fauche, n'ont pas séché plus vite que les andains larges non retournés. Cependant, 2 retournements espacés (4 et 24 h après la fauche) ont augmenté la vitesse de séchage de 21% en moyenne pendant la deuxième journée. Après 2 jours complets de séchage au champ, les andains larges retournés 2 fois avaient une teneur en eau de 24% (base humide), comparativement à 29% pour les autres andains larges (retournés 1 fois ou non) et entre 29 et 40% pour les andains étroits (retournés ou non).

À la deuxième coupe, la comparaison de 3 retourneurs d'andains a mis en évidence l'avantage d'étendre les andains le plus largement possible afin d'accélérer le séchage: le retournement des andains augmente davantage la vitesse de séchage des fourrages lorsque les andains sont élargis en même temps qu'ils sont retournés.

Les pertes mesurées au champ occasionnées par un double retournement des andains représentaient en moyenne 0,5% de la matière sèche totale; l'effet du retournement sur la vitesse de séchage et les pertes étaient semblables pour la luzerne et la fléole.

Pour des conditions climatiques favorables, au Québec, un double retournement des andains peut sauver une demi-journée de séchage du foin au champ. Le retourneur d'andains peut probablement remplacer le gyrofaneur dans la fenaison: l'augmentation de la vitesse de séchage est de même importance, alors que les pertes sont beaucoup moins importantes (surtout dans le cas de la luzerne) que celles provoquées par un passage du gyrofaneur.

NOUVELLES PRESSES

Le pressage est la méthode traditionnelle de comprimer le foin sec pour l'entreposer plus efficacement. La presse à balles rectangulaires de moyenne densité avec lance-balles intégré permet de récolter le foin en petites balles de 15 à 25 kg, faciles à manipuler et bien adaptées à l'entreposage dans des fenils munis de ventilateurs pour l'aération et le séchage final du foin. Cette technique est très répandue au Québec; cependant, depuis quelques années, les presses à grosses balles rondes gagnent en popularité alors qu'apparaissent d'autres machines telles les presses à balles rectangulaires géantes.

Les principales techniques de pressage sont déjà décrites dans le guide des plantes fourragères (CPVQ, 1986). Nous indiquons les points essentiels tout en référant le lecteur au guide pour de plus amples informations.

Presses à balles rondes

Il existe 2 types principaux de presse à balles rondes: les presses avec chambre de compression à volume fixe et les presses avec chambre de compression à volume variable (ou pression constante).

Les presses avec chambre à volume fixe permettent de varier la densité moyenne des balles entre certaines limites pratiques (généralement de 130 à 210 kg/m³ pour le foin sec). La grosseur des balles est fixe pour une presse donnée, mais peut varier d'une presse à l'autre; les dimensions disponibles sont une largeur de 1,2 m par un diamètre de 1,2, 1,5 ou 1,8 m. La densité des balles formées par ce type de presse n'est pas uniforme: les couches en périphérie sont beaucoup plus denses que le centre de la balle. Une telle conception comporte certains avantages: les couches du contour étant compactes, elles offrent une meilleure protection contre les précipitations alors que le centre, moins compact, favorise la circulation de l'air et le séchage pendant l'entreposage (donc des pertes moins élevées).

Les presses avec chambre de compression à volume variable permettent de varier le diamètre des balles. Avec ce type de chambre, la pression à l'intérieur des balles est beaucoup plus homogène; la différence de densité entre le centre et les couches périphériques est donc moins marquée.

L'usage d'une presse à balles rondes offre certains avantages comparativement à une presse conventionnelle à petites balles rectangulaires. Cette technologie permet une capacité de récolte plus élevée; selon Gaillard (1986), une presse à balle ronde normale permet de récolter 1 ha/h pour des rendements en fourrage de 3 à 4 t/ha de matière sèche. Le temps requis pour la formation d'une balle ronde de 1,2 m de diamètre est d'environ 2 à 3 minutes. De plus, les besoins en main-d'oeuvre sont considérablement réduits pendant la fenaison.

Certains obstacles peuvent limiter l'usage de la presse à balles rondes pour récolter du foin au Québec. Les premières presses à balles rondes qui sont apparues sur le marché vers 1975 occasionnaient des pertes importantes à la récolte de l'ordre de 15 à 20% (Fortier, 1979). De plus, les pertes à l'entreposage extérieur peuvent dépasser 15%. Un autre problème de conservation du foin de balles rondes est la difficulté de ventiler ce foin en grange, contrairement au foin de petites balles rectangulaires. On est obligé d'attendre que le foin soit très sec au champ ou d'utiliser des additifs antifongiques pour empêcher le développement de moisissures. Il est donc difficile de récolter un fourrage d'excellente qualité sous forme de balle ronde.

Certains obstacles à la récolte de balles rondes de qualité commencent à être levés depuis quelques années. Les manufacturiers ont considérablement amélioré l'efficacité des presses à balles rondes, réduisant les pertes à la récolte à environ 3% (PAMI, 1987). Bien que le séchage en grange des balles rondes ne soit pas encore facile à réaliser, plusieurs chercheurs ont mis au point des techniques qui pourraient être vulgarisées dans un avenir prochain (Bledsoe et al., 1985; Frisby et al., 1985; Plue, 1988). L'apparition depuis quelques années de l'ensilage de balles rondes scellées sous un mince film de polyéthylène accroît aussi l'intérêt pour la presse à balle ronde. Elle offre le choix entre le foin et l'ensilage, selon l'humeur de la température, avec une seule machine de récolte, la presse à balle ronde.

Grosses balles rectangulaires

Il existe des presses capables de former des balles de 2,4 m de longueur par 1,2 m × 1,2 m de section et d'un poids pouvant atteindre 1 000 kg. L'objectif de ces presses est principalement de faciliter le transport du foin ou de la paille sur de longues distances. Ces presses sont surtout utilisées en Europe.

La densité des balles obtenues est plus élevée que celle des petites balles conventionnelles; par conséquent, elles se prêtent mal au séchage artificiel, tout comme les grosses balles rondes. Leur emploi dans les conditions du Québec est donc limité; il nécessitera normalement l'usage d'additifs antifongiques.

ENTREPOSAGE DU FOIN HUMIDE

Un foin est stable lorsque sa teneur en eau est inférieure à 20%. Il suffit alors de le protéger de l'humidité excessive et de la pluie pour pouvoir le conserver pendant une année ou plus. Cependant, si la teneur en eau est supérieure à 20%, il y aura une certaine activité microbienne, dégagement de chaleur et développement de moisissures. Le phénomène s'accroît à des teneurs en eau entre 30 et 40%. Il peut même conduire à la combustion spontanée (feux de grange).

Il est très difficile de faire évaporer au champ la dernière fraction d'eau dans le foin, c'est-à-dire d'abaisser la teneur en eau de 30% à 20%. La première étape de séchage de 80% à 30% nécessite environ 2 journées de bonnes conditions climatiques avec quelques manipulations des andains. La dernière étape peut nécessiter autant de temps avec les risques supplémentaires de pertes mécaniques dues à la pluie et aux traitements. Il est donc souhaitable de presser le fourrage rapidement, parfois même s'il n'a pas atteint la teneur en eau de stabilité, soit 20%. Dans ce cas, il faut recourir à certains traitements soit pour assécher les balles, soit pour freiner le développement des moisissures.

Ventilation en grange

La ventilation en grange est la technique la plus utilisée sur les fermes du Québec pour évacuer l'eau en excès dans le foin. Les balles sont placées soit en ordre, soit pêle-mêle sur un plancher à claire-voie à travers lequel un ventilateur souffle de l'air ambiant, généralement non chauffé. Lorsque l'air ambiant n'est pas saturé de vapeur d'eau, c'est-à-dire que l'humidité relative est inférieure à 100%, cet air possède un certain pouvoir évaporant et absorbe de l'eau en passant à travers le foin humide. Il faut prévoir des ouvertures suffisantes dans le toit de la grange pour évacuer l'air humide qui sort du tas de foin. Il faut respecter le taux de chargement recommandé (CPVQ, 1986) afin de ne pas surcharger le séchoir au début de la période de ventilation.

La ventilation en grange se prête bien aux petites balles rectangulaires; elle est moins bien adaptée aux grosses balles rondes qui laissent beaucoup de fuites entre les balles et à travers lesquelles l'air passe plus difficilement.

La ventilation en grange est plus avantageuse au Québec que dans beaucoup d'autres endroits au monde en raison du faible coût de l'électricité (par exemple 3,5 cents/kW.h au Québec versus environ 15 cents/kW.h dans l'état de New York). Le coût total de la ventilation du foin en grange, y compris l'amortissement du ventilateur et des conduits, se situe entre 5 et 10 $/t de foin.

Produits antifongiques

Les produits antifongiques, qui inhibent le développement des moisissures, représentent une autre façon de conserver le foin humide. Nehrir et al. (1978) ont évalué divers acides organiques pour la conservation du foin humide. Les conservateurs à base d'acide propionique sont généralement les plus efficaces. La dose doit être proportionnelle à la teneur en eau dans le foin. Une règle approximative indique des doses d'acide propionique à 1, 2 et 3% pour du foin à teneur en eau de 25, 30 et 35% respectivement.

Dans une expérience faite au Collège Macdonald de l'Université McGill, Block et Garino (1987) ont conservé un foin de luzerne ayant une teneur en eau de 36,8% en appliquant 20 L/tmh d'un conservateur commercial à base d'acide propionique. Ceci équivaut à une application de 31,7 L/tms; une telle dose (3,2%) correspond à peu près aux recommandations de Nehrir et al. (1978) compte tenu de la teneur en eau élevée. Block et Garino (1988) ont comparé la valeur alimentaire de ce foin humide traité à celle d'un foin non traité récolté une journée plus tard dans des conditions plus ou moins séchantes en septembre. Le foin était ajouté dans une proportion de 20% sur une base de matière sèche à une ration totale mélangée contenant aussi 20% d'ensilage préfané de luzerne, 11% de maïs-ensilage, 43% de maïs-grain humide et 6% de tourteau de soja. Les 2 aliments ont été servis à des vaches laitières durant 6 semaines entre la 14e et la 19e semaines après vêlage. La ration contenant le foin humide traité était consommée à un taux de 3,89% du poids vif tandis que la ration contenant le foin non traité était consommée à un taux de 3,69% du poids vif. La production moyenne de lait était de 32,9 kg/jour avec le foin traité et de 30,2 kg/jour avec le foin non traité. L'analyse n'indique pas la qualité microbiologique du foin non traité. Il est probable que des moisissures se sont développées durant l'entreposage, ce qui expliquerait la baisse de la consommation et de la production de lait.

Du côté économique, l'acide propionique coûte environ 2 $ le kilo. Le traitement utilisé ci-haut (une dose de 3,2%) représente donc un coût d'environ 64 $/tms ou 6,4 cents/kg. Si on tient compte que les vaches consommaient en moyenne 23 kg de matière sèche par jour d'une ration contenant 20% de foin, le traitement augmente le coût de la ration de 29 cents/jour. Une production de lait accrue de 2,7 kg/jour à 42 cents le litre représente un gain de 1,13 $/jour. On ne peut extrapoler ce gain pour tout le cycle de lactation. En pratique, un producteur laitier serait bien avisé de ne pas servir à des fortes productrices un foin qui est infesté de moisissures.

Le gaz ammoniac peut également servir d'inhibiteur de moisissures. Koegel et al. (1983) ont injecté du gaz ammoniac dans des balles rectangulaires et dans des grosses balles rondes de foin humide. Pour empêcher le développement de moisissures, il fallait couvrir les balles d'un film de polyéthylène. Autrement, le gaz s'échappait à la longue et les balles humides moisissaient. Aux États-Unis, l'ammoniac est déjà utilisé comme fertilisant et est omniprésent dans les régions agricoles. On estime que son coût d'application est d'environ 5 $/t de foin. Cependant, au Québec, sa disponibilité est plutôt restreinte. Sous forme aqueuse ou sous forme granulaire, un produit à base d'ammoniac pourrait avoir un certain intérêt, en particulier pour les fourrages pauvres en protéines, en raison de l'apport d'azote non protéique mais assimilable par les ruminants.

D'une façon générale, la conservation du foin humide nécessite soit l'évacuation de l'eau en excès, soit l'inhibition du développement des moisissures. La ventilation en grange coûte environ 10 $/tms grâce aux avantages locaux des tarifs d'électricité. L'application d'un acide inhibiteur peut coûter entre 20 et 60 $/tms selon le niveau d'humidité du foin. Les résultats zootechniques montrent l'impact négatif de servir un foin moisi à de fortes productrices laitières. Avec des petites balles de foin, la ventilation en grange semble nettement préférable à l'utilisation d'acide. Cependant, les grosses balles rondes dont la configuration ne permet pas facilement le séchage en grange pourraient bénéficier de l'usage d'acide à des doses restreintes pour des teneurs en eau entre 20 et 25%.

NOUVELLES MÉTHODES D'ENSILAGE

L'ensilage traditionnel en silo-tour exige la récolte d'un fourrage haché assez finement, tassé rapidement dans le silo et conservé hermétiquement. Deux coûts majeurs sont le chantier de récolte à forte puissance et les entre-

pôts. Dans le but de réduire ces coûts, de nouveaux systèmes de récolte (hachage plus long) et d'entreposage (souvent avec usage d'un film de polyéthylène) sont proposés depuis quelques années. Par ailleurs, les additifs à ensilage sont souvent employés pour modifier et améliorer le processus de fermentation. Nous examinerons ces sujets dans les sections qui suivent.

RÉCOLTE ET HACHAGE DES FOURRAGES

La fourragère est reconnue comme étant une machine très énergivore; c'est généralement pour cette raison que nous la retrouvons seulement sur les grosses entreprises laitières. Des essais ont été entrepris à la ferme expérimentale de Normandin d'Agriculture Canada, afin d'évaluer l'effet de la longueur de hachage et de la teneur en eau sur la puissance requise à la prise de force pour actionner la fourragère (Savoie et al., 1987). Le but premier de cette expérience était de déterminer comment on peut diminuer la puissance de récolte de l'ensilage afin de rendre ce système accessible à un plus grand nombre de producteurs laitiers. L'ajustement de la longueur de hachage sur une fourragère conventionnelle se fait en modifiant le nombre de couteaux sur le tambour hacheur ou en changeant la vitesse de rotation du système d'alimentation. Ainsi, 4 longueurs de coupe théoriques, soit 6,35, 12,7, 25,4 et 38,1 mm (1/4, 1/2, 1 et 1 1/2 pouces) ont été obtenues lors des essais. De plus, on faisait varier la teneur en eau en récoltant en coupe directe (environ 80%) et en préfané (environ 70%).

Suite aux résultats obtenus, en ne considérant que l'énergie requise pour ensiler, on observe une diminution d'environ 22% en hachant long (38,1 mm) plutôt que court (6,35 mm). Cependant, le tracteur doit aussi se propulser et tirer le wagon à ensilage et la fourragère. Une équation a été développée afin d'évaluer la puissance totale requise pour ensiler, c'est-à-dire actionner la fourragère et faire avancer le convoi. À partir de cette équation, la puissance totale a été calculée pour les 4 longueurs de coupe théoriques susmentionnées, pour 3 vitesses d'avancement (4, 5 et 6 km/h) et pour 2 teneurs en eau (60 et 80%). On a considéré que le wagon rempli pesait 5 t, le tracteur 4,5 t et la fourragère 1,5 t. De plus, on a supposé un rendement de 5 tms/ha et un sol ferme. Les résultats de ces calculs se trouvent au tableau 3, pour un fourrage humide à une teneur en eau de 80%, et au tableau 4, pour un fourrage préfané à une teneur en eau de 60%.

De ces résultats, on observe que le hachage long (38,1 mm) requiert de 17 à 21% moins de puissance qu'un hachage court (6,35 mm), selon la teneur en eau. On peut donc avoir la même capacité avec un tracteur moins puissant ou encore accroître la capacité d'un chantier d'environ 20% en gardant le même tracteur et en hachant le fourrage plus long. On remarque aussi que la récolte d'un fourrage préfané (60% de teneur en eau) exige de 21 à 28% moins d'énergie, selon la vitesse d'avancement, qu'un fourrage récolté à une teneur en eau de 80%. Il est donc avantageux, au point de vue coût d'opération de la machinerie, de hacher grossièrement des fourrages plus secs. Un agriculteur qui désire faire de l'ensilage mais qui ne possède pas un gros tracteur pourrait théoriquement récolter avec un tracteur de 34 kW (45 Hp) un fourrage à une humidité de 60% et à une longueur de coupe théorique de 38,1 mm (1,5 pouce). On prévoit habituellement un facteur de sécurité de 33% pour les pentes, l'humidité du fourrage, les rendements accrus, etc. En utilisant un tracteur de 45 kW (60 hP) l'agriculteur pourra ensiler sans difficulté, tout en conservant une capacité de récolte théorique de 5,4 tms/h (13,5 tmh/h).

Les tests effectués à Normandin ont permis de constater que la longueur de coupe réelle est supérieure à la longueur de coupe théorique. Les 4 longueurs de coupe réelles étaient de 11,0, 20,4, 35,0 et 47,9 mm pour les 4 longueurs théoriques (6, 13, 25 et 38 mm). Le ratio entre les 2 longueurs de coupe (réelle et théorique) est de 1,74, 1,61, 1,38 et 1,26 respectivement. On constate qu'il décroît lorsque la longueur de coupe augmente. La longueur

réelle est généralement plus grande que la longueur théorique parce que la majorité des plants passe diagonalement plutôt que perpendiculairement sur la barre de cisaillement. Cependant, les brins coupés aux extrémités des tiges sont toujours plus petits ou égaux que ceux coupés entre les extrémités. Plus le pourcentage de brins coupés aux extrémités des tiges est élevé, plus la longueur de coupe réelle se rapproche de la longueur de coupe théorique. Si on désire obtenir une longueur de coupe réelle similaire à la longueur théorique, on peut procéder de 2 façons différentes. Premièrement, on peut faucher plus tôt afin de réduire la taille des plants récoltés et deuxièmement, on peut augmenter la longueur de coupe théorique.

Lors des tris manuels pour estimer la longueur de coupe réelle, chaque brin était placé dans une classe respective. On a donc pu évaluer la distribution de la longueur des brins pour chacune des 4 longueurs de coupe théorique. Ces résultats sont présentés sous forme d'histogrammes (figure 1) pour les essais effectués à la première coupe l'année dernière. On remarque que pour les 4 longueurs de coupe utilisées, environ 50% des brins correspond à la longueur de coupe théorique. De plus, la proportion des brins plus courts que la longueur de coupe théorique augmente avec la longueur de coupe, tel que prédit plus haut.

En bref, la fourragère conventionnelle permet de faire un hachage fin dont la longueur moyenne est généralement plus grande que la longueur théorique de 26 à 74% d'après des résultats expérimentaux. On peut réduire l'énergie de récolte d'environ 20% en hachant plus long (37 mm versus 6 mm, soit 1 1/2" versus 1/4"); on peut économiser près de 30% d'énergie additionnelle en récoltant le fourrage demi-sec plutôt qu'humide (60% de teneur en eau plutôt que 80%). Voyons maintenant quelques nouvelles machines pour la récolte de l'ensilage.

Bennes à ensilage

La benne basculante peut remplacer le wagon à ensilage traditionnel sur les chantiers de silo-meule. Son principal avantage se situe au niveau de son système de déchargement qui est beaucoup plus rapide et plus simple. Il suffit de faire lever la benne à l'aide d'un cylindre situé à l'avant du wagon pour décharger l'ensilage par terre. Le principe est bien adapté à la fabrication de silos-meules. La benne basculante offre aussi l'avantage d'un coût d'achat et de coûts d'entretien et de réparation inférieurs à ceux d'un wagon conventionnel. Un troisième type de wagon à ensilage est disponible pour les agriculteurs. Il ressemble à la benne basculante, excepté qu'il déverse l'ensilage par le côté, d'où lui vient son nom de benne à déchargement latéral (hi-dump). Ce type de wagon convient très bien aux gros chantiers d'ensilage. Lorsque la benne à décharge latérale est remplie, 2 cylindres placés aux extrémités du wagon lèvent la benne à 3 m de hauteur, basculent la benne latéralement et permettent le déversement rapide de l'ensilage. Normalement, l'ensilage est déversé dans un camion qui fait la navette entre les champs et la ferme. La fourragère peut alors travailler pratiquement en continu. Une fois rendu à la ferme, le camion peut déverser l'ensilage au sol pour la fabrication d'un silo-meule, ou bien il peut déverser l'ensilage dans un tablier d'alimentation (bio-deck), si on utilise le silo vertical comme méthode d'entreposage. Le tablier d'alimentation ressemble à un épandeur à fumier; il est assez volumineux pour recevoir toute la charge contenue dans le camion. Ce dernier repart donc rapidement pour le champ. Le tablier est actionné par des moteurs hydrauliques ou électriques; il alimente le souffleur qui se charge de remplir le silo. La benne à décharge latérale permet donc d'augmenter la capacité d'un chantier; par contre, son coût d'acquisition est plus élevé qu'un wagon à ensilage. Par exemple, une benne à décharge latérale de 24 m³ coûte environ 14 000 $, et un tablier d'alimentation 16 000 $.

Remorque autochargeuse

Depuis quelques années est apparu au Québec un nouveau type de fourragère fort populaire en Europe, la remorque autochargeuse. D'abord utilisée pour la récolte du foin sec en vrac dans les années 1960, elle a été perfectionnée au cours des 15 dernières années afin de pouvoir hacher le fourrage pour en faire de l'ensilage. La remorque autochargeuse, telle qu'on la connaît aujourd'hui, possède les caractéristiques suivantes. Le wagon, qui est semi-porté, a une capacité variant entre 12 et 24 m^3. À l'avant, on retrouve le ramasseur d'andains qui achemine le fourrage vers le système élévateur. Ce dernier force le fourrage à passer entre les couteaux, qui sont fixes ou mobiles, pour ensuite pousser le fourrage haché grossièrement dans la remorque. Il n'y a donc pas de système de soufflerie comme dans une fourragère conventionnelle. C'est pourquoi l'autochargeuse est économe d'énergie, ce qui lui permet d'offrir une capacité de récolte supérieure à la fourragère conventionnelle pour la même puissance. Lorsque la remorque est pleine, le ramasseur d'andains est désactionné et l'opérateur se dirige alors vers le site d'entreposage. Le contenu de la remorque est vidé par terre à l'aide d'un fond mouvant. Pendant le va-et-vient du champ à l'entrepôt, la récolte est interrompue; ceci peut être un inconvénient important, surtout lorsque les champs sont éloignés du site d'entreposage. Un autre désavantage de l'autochargeuse est son coût élevé estimé à 40 000 $. Par contre, l'autochargeuse permet à un seul agriculteur d'opérer un chantier d'ensilage, ce que la fourragère conventionnelle ne permet pas. L'opération de l'autochargeuse est plus facile que celle de la fourragère car la circulation se fait au-dessus de l'andain et non sur le côté. De plus, l'emploi d'une seule machine réduit les coûts de main-d'oeuvre, d'entretien et de réparation. De par son principe de hachage, l'autochargeuse produit des brins très longs (20 à 80 mm, soit 1 à 3 pouces environ). Elle ne convient pas à l'entreposage en silos verticaux qui requièrent des brins courts.

Doubleur d'andains

Le doubleur d'andains, récemment introduit en Amérique du Nord, permet d'augmenter la capacité du chantier de récolte en diminuant de moitié le nombre d'andains à récolter. On retrouve le doubleur d'andains sous 2 versions. La première consiste en un convoyeur actionné hydrauliquement que l'on installe à l'arrière de la faucheuse; le convoyeur dirige l'andain sur le côté de la faucheuse plutôt que directement à l'arrière. Ce système double les andains dès la fauche. Le coût d'acquisition du doubleur installé sur une faucheuse est de 5 000 $. La deuxième version s'installe à l'avant du tracteur et s'utilise lors du ramassage des andains. Ce doubleur d'andains est également actionné hydrauliquement; il est composé d'un ramasseur d'andains qui soulève l'andain devant le tracteur et le dirige vers un convoyeur qui propulse l'andain soulevé sur l'andain adjacent. La fourragère conventionnelle, placée sur le côté du tracteur, ramasse alors 2 andains à la fois. Avec une autochargeuse, on déporte le doubleur d'andains vers la gauche afin que l'andain soulevé par le doubleur soit propulsé sur l'andain qui se trouve devant le tracteur. Le doubleur utilisé au ramassage a l'avantage de permettre un préfanage plus rapide que le doubleur utilisé à la fauche qui produit un gros andain tassé. Par contre, le doubleur utilisé au ramassage peut gêner l'opérateur, surtout dans les virages et au bord des fossés ou des clôtures.

SILO-MEULE

Au cours des 15 dernières années s'est développée la technique du silo-meule à partir des travaux de recherche effectués sur les fermes expérimentales d'Agriculture Canada dans le nord de l'Ontario (Kapuskasing) et dans le nord et l'est du Québec (Normandin, La Pocatière). La technique consiste à former un tas semi-cylindrique d'ensilage haché. Le tas est ensuite

recouvert d'un mince film de polyéthylène dont le rôle est d'assurer l'étanchéité du silo. Le silo-meule est très économique par rapport au silo-tour; il nécessite peu d'investissements pour l'entreposage.

La technique a été largement vulgarisée dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. Elle est décrite en détail ailleurs (Quévillon, 1988). Nous résumerons ici les principaux points techniques, l'importance du choix du polyéthylène et l'intérêt du silo-meule en production laitière.

Fabrication

Il est avantageux de disposer les meules à l'abri des vents dominants et de l'accumulation de neige. De façon générale, on débute la fabrication de la meule « vent dans le dos » en laissant une distance de 3 m entre chaque meule pour la circulation. La plate-forme et son accès doivent avoir une bonne capacité portante pour la circulation de la machinerie durant la fabrication et la reprise des meules. On peut construire des plates-formes en béton, en sol-ciment ou en sable compacté. Pour les meules reprises l'hiver lorsque le sol est gelé, le sol engazonné peut être une plate-forme adéquate.

Deux méthodes sont généralement employées pour faire une meule. On peut utiliser soit un convoyeur et des boîtes à ensilage à déchargement latéral, soit un chargeur frontal et des boîtes basculantes ou à déchargement arrière. Dans le premier cas, le convoyeur laisse tomber l'ensilage d'une hauteur de 5 m. Les 4 ou 5 premiers voyages d'ensilage forment une pyramide d'ensilage d'environ 3,7 m de hauteur. À chaque voyage subséquent, on avance le convoyeur d'environ 0,60 m pour former un long demi-cylindre aplati de section 3,7 m de hauteur par environ 8,8 m de largeur. Lorsqu'on utilise un film de polyéthylène de 12 m de large par 30 m de long, on fait une meule d'environ 26 m de longueur. Pour de grands volumes d'ensilage, on peut juxtaposer les bâches sur la longueur de façon à avoir des meules de 54 m ou 82 m de longueur pour 2 ou 3 films respectivement.

La deuxième méthode de fabrication consiste à décharger en vrac l'ensilage soit avec une benne basculante, soit avec un déchargement arrière. La meule est alors formée avec un chargeur frontal qui élève et tasse l'ensilage. Il faut prendre soin de ne pas ramasser de terre qui pourrait se mêler à l'ensilage. De plus, l'opérateur du chargeur doit être prudent pour éviter le renversement du tracteur lorsque celui-ci monte sur le tas d'ensilage pour former la meule.

On recouvre la meule le plus tôt possible après le début de sa fabrication en déroulant la bâche de polyéthylène le long de la meule. On forme un joint étanche avec le pourtour de la meule soit en enfouissant une lisière d'environ 0,5 m en-dessous, soit en étendant du sable grossier au-dessus du joint. Après quelques jours, l'ensilage se tassera naturellement, diminuant ainsi la tension du film. Il faut alors resserrer le film soit en l'enfouissant encore plus sous la meule, soit en tirant la lisière extérieure de façon à faire rouler le sable contre le joint étanche.

Lors de la pose du film, on place des paires de vieux pneus reliés par une ficelle de chaque côté de la meule. La base des pneus est au moins à 0,9 m du sol de façon à toujours demeurer au-dessus du sol après le tassement naturel. Les paires de pneus sont placées suffisamment près l'une de l'autre pour presque se toucher. Ainsi, le polyéthylène est bien retenu contre la poussée du vent.

Normalement, sous une toile de 12 m par 30 m, on peut entreposer environ 40 t de matière sèche de fourrage et jusqu'à 160 t d'ensilage à 75% de teneur en eau.

Qualité du polyéthylène

Seul le film plastique en polyéthylène est employé pour couvrir les silos-meules. Les films en PVC ne sont pas adaptés à notre climat rigoureux. Pour prévenir les perforations ou déchirures lors du transport et de l'entreposage, on doit commander des films en rouleaux préemballés à l'usine dans des boîtes de carton rigide.

Avant d'acheter, il peut être judicieux de comparer les fiches techniques comme la résistance à l'impact, la contrainte de rupture en traction (lorsque le film est tiré) et l'allongement en rupture. Il n'existe pas présentement de norme de qualité au Québec. On devrait cependant exiger au minimum les performances suivantes: résistance à l'impact de 1,8 g par micron (45 g par millième de pouce d'épaisseur), contrainte de rupture de 15 mégapascals (MPa) et allongement à la rupture de 400% (c'est-à-dire une longueur 5 fois plus grande que la longueur originale après étirement). Dans certaines conditions difficiles (haut risque de grêle, vents et glace fréquents), on peut être obligé de recourir à des films spéciaux à performances de 50 à 100% supérieures à celles indiquées ci-haut.

La méthode la plus économique pour améliorer la qualité du film de polyéthylène consiste généralement à choisir un film plus épais. On trouve sur le marché des films de 100, 150 et 200 microns d'épaisseur (4, 6 et 8 millièmes de pouce). Dans une étude théorique, Savoie (1987) a estimé que les pertes d'ensilage dues à la respiration diminuaient avec l'épaisseur. Ainsi, les pertes étaient estimées à 0,65, 0,43 et 0,32% par mois sous des polyéthylènes de 100, 150 et 200 microns respectivement. En tenant compte du coût des pertes et du coût du polyéthylène, un film de 100 microns conviendrait pour une durée d'entreposage entre 0 et 3 mois; un film de 150 microns serait préférable pour un entreposage entre 3 et 7 mois; un film de 200 microns serait plus économique pour un entreposage entre 7 et 12 mois. Cependant, lorsqu'on tient compte aussi du risque de perforation à cause des rongeurs, oiseaux ou manipulations brusques, on peut préférer une plus grande épaisseur même pour une courte durée d'entreposage.

En pratique, le film de 150 microns (6 mil.) est le plus utilisé. Il serait économiquement préférable d'utiliser un film de 200 microns (8 mil.) pour une durée d'entreposage supérieure à 7 mois ou dans des conditions où une résistance mécanique accrue est souhaitable. Le plus grand poids d'un film de 200 microns le rend toutefois plus difficile à manipuler et à étendre sur la meule qu'un film de 150 microns. Là où la manipulation d'une bâche plus lourde pose un problème, on peut utiliser un film plus mince à performance supérieure. Cependant, de tels films ne sont pas couramment disponibles sur le marché.

Le polyéthylène le plus couramment utilisé pour recouvrir l'ensilage est de couleur noire. Il contient généralement 2% de noir de carbone, une substance qui donne au polyéthylène une bonne résistance aux rayons ultraviolets. D'autres couleurs sont utilisées, notamment le blanc, le bleu et le vert. Les polyéthylènes de couleur ne peuvent être fabriqués avec du noir de carbone; on utilise d'autres additifs pour assurer une bonne protection contre les ultraviolets. Si les additifs ne sont pas bien choisis, le polyéthylène aura tendance à craquer et à se détériorer plus vite sous l'effet conjugué du climat, des acides organiques et des bactéries contenus dans l'ensilage. En principe, le plastique blanc reflète une grande proportion des rayons solaires. De fait, la température périphérique à l'intérieur de l'ensilage est plus basse sous un film blanc que sous un film noir. Toutefois, aucune donnée expérimentale n'indique que l'ensemble de l'ensilage sous film blanc est supérieur au point de vue alimentaire à de l'ensilage sous film noir.

On doit prendre certaines précautions supplémentaires pour protéger l'intégrité des films de polyéthylène contre les rongeurs, les oiseaux et autres prédateurs. La plate-forme et son pourtour doivent être propres afin d'éliminer

les possibilités de nidification. L'usage d'appâts empoisonnés est parfois nécessaire pour éliminer certains prédateurs. On emploie parfois des clôtures électrifiées pour éloigner les grands animaux. Enfin, un filet renforcé ou une bâche double, récupérée d'une bâche déjà utilisée, peut être utile pour protéger le film original contre la grêle et les oiseaux.

Reprise

Il existe certaines désileuses spécialisées, dites désileuses-bloc, pour trancher une section de meule. Étant donné que les meules sont peu ou pas foulées mécaniquement, le bloc peut s'effriter. Ces machines sont mieux adaptées à la reprise de silos horizontaux foulés au tracteur.

En pratique, on utilise couramment le chargeur frontal pour faire la reprise. Les fourchons servent à couper et à faire débouler l'ensilage qui est ensuite chargé dans le godet. Certains manufacturiers proposent aussi une mâchoire mobile qui se referme sur le godet. On peut ainsi rapidement reprendre et transporter l'ensilage.

Pour faciliter l'alimentation, on recourt habituellement à une réserve. Celle-ci a pour but d'entreposer suffisamment d'ensilage pour nourrir un troupeau pendant 24 à 48 h (ou plus longtemps l'hiver quand l'ensilage se détériore lentement une fois exposé à l'air). La réserve doit donc avoir une capacité ou un volume adapté au troupeau. On utilise soit une réserve fixe attenante à l'étable, soit une réserve mobile comme une voiture à ensilage. La réserve doit être munie d'un mécanisme de déchargement pour faciliter la distribution d'aliments. Les épandeurs à fumier d'occasion sont souvent employés à cette fin.

Meules et production laitière

Dans une expérience faite à la ferme expérimentale de Normandin, Savoie et al. (1986) ont comparé la production laitière avec 3 rations à base d'ensilage en meule et une ration à base de foin séché au champ et ventilé en grange. Les 3 meules se distinguaient de la façon suivante: la première contenait du fourrage de coupe directe (83% de teneur en eau) sans additif, la deuxième contenait du fourrage de coupe directe (82% de teneur en eau) avec 0,2% d'acide formique et la troisième contenait du fourrage légèrement préfané (78% de teneur en eau) sans additif.

L'ensilage était composé de 92% de graminées et 8% de légumineuses: il dosait 16% de protéine brute et 33% de fibre (ADF). Le foin dosait 16% de protéine et 38% de fibre. La fibre plus élevée dans le foin était causée par un retard d'environ 1 semaine de la récolte par rapport à l'ensilage en raison du temps humide.

On a préparé des rations totales mélangées avec les 4 fourrages qui constituaient 56% de la ration. Les autres aliments étaient de l'orge humide (37%), du tourteau protéique (7%) et des minéraux en faible quantité. L'expérience était réalisée avec 16 vaches qui recevaient des rations pendant 12 semaines à partir de 28 jours après vêlage. Chaque vache recevait une ration différente à toutes les 3 semaines. Durant la troisième semaine, on mesurait la consommation totale d'aliments, la production et la composition du lait et le changement de poids vif.

Les résultats de la consommation volontaire sont présentés au tableau 5. Les vaches ont mangé en moyenne 16,65 kg de matière sèche par jour entre la septième et la seizième semaines après vêlage. Les vaches ont préféré les rations à base d'ensilage préfané ou de foin plutôt que les rations à base d'ensilage coupe directe, en particulier sans additif acide. Cette dernière ration était consommée à 6% de moins que les 2 meilleures rations.

Cependant, on n'observe pas la même tendance au niveau de la production de lait (tableau 6). La ration à base d'ensilage préfané demeure la meilleure tant au niveau consommation que production de lait. Toutefois, la ration la moins bien consommée, celle récoltée en coupe directe et conservée sans acide, arrive au deuxième rang pour la production de lait. La consommation réduite n'a donc pas inhibé la production de lait.

On a obtenu une mesure indirecte de la digestibilité des 4 fourrages en les servant dans une diète composée à 100% de fourrages à des moutons. La digestibilité des 3 ensilages était pratiquement identique à 69,3% tandis que la digestibilité du foin était de 64,2%. La digestibilité réduite du foin s'explique par le retard de 1 semaine à la récolte et les pertes accrues durant le fanage au champ.

Les résultats expérimentaux montrent que l'ensilage en silo-meule à base de graminées constitue une excellente source de fourrage pour des vaches produisant jusqu'à 28 kg de lait par jour. On n'a pas fait d'observations à des niveaux de production plus élevés. De plus, il n'est pas nécessaire d'utiliser de l'acide formique pour bien conserver l'ensilage. Si le fourrage est légèrement préfané pendant environ 2 heures pour atteindre une teneur en eau autour de 75 à 78%, l'ensilage est bien consommé et permet de maintenir une bonne production de lait.

Le silo-meule est économiquement très avantageux en raison de son faible coût. Il peut nécessiter l'emploi d'une plate-forme en béton de 30 m par 12 m par 0,10 m d'épaisseur, dont le coût est estimé à 3 000 $. Amortie sur 10 ans à un taux d'intérêt de 10% par année, la plate-forme coûte 12 $ par année par tonne de matière sèche. L'emploi du sol-ciment peut réduire le coût de moitié. De plus, la fabrication de la moitié des meules sur sol engazonné pour la reprise hivernale peut encore réduire le coût de moitié. Donc, le coût des plates-formes peut représenter 3 à 6 $ par année et par tonne de matière sèche. Par ailleurs, il faut ajouter le coût du polyéthylène. Un film de 30 m par 12 m par 150 microns coûte environ 150 $, soit 4 $/tms. Le coût total d'entreposage est donc de 7 à 10 $ par an et par tonne sèche. La reprise exige l'achat d'un chargeur frontal muni de fourchons ou d'une mâchoire mobile dont le coût est situé à environ 2 000 $. Sur une période de 5 ans et sur une ferme où l'on utilise 200 tms d'ensilage, l'équipement de reprise coûte environ 2 $/tms. À cela on doit ajouter le temps d'utilisation du tracteur et la main-d'oeuvre pour reprendre l'ensilage: environ une demi-heure ou 10 $/tms. Comparativement aux silos-tours dont le coût annuel varie entre 23 et 74 $ par an et par tonne sèche (Jubinville, 1984), le silo-meule demeure très avantageux.

À notre connaissance, aucune expérience n'a été réalisée pour la conservation de légumineuses (luzerne, trèfle, lotier) en silo-meule. Les légumineuses contiennent généralement moins de sucres fermentescibles que les graminées; elles exigent plus de précautions pour obtenir une bonne fermentation. Les principes d'un bon ensilage indiquent que les légumineuses devraient être préfanées plus longtemps (jusqu'à environ 70% de teneur en eau) avant d'être ensilées en meule. Par temps humide ou pluvieux, elles peuvent tirer avantage à être stabilisées rapidement avec un acide. Par ailleurs, on ne connaît pas l'impact des ensilages en meule très humides sur la productivité des vaches très performantes, produisant plus de 30 kg de lait par jour.

Le silo-meule a certainement sa place dans les régions où la majorité des fourrages cultivés sont des graminées. Là où il y a dominance de prairies de légumineuse, on peut recourir au silo-meule comme système d'appoint pour les surplus fourragers. On peut ainsi très économiquement conserver des fourrages pour l'alimentation du bétail destiné à l'engraissement ou pour des groupes de vaches laitières.

ENSILAGE DE BALLES RONDES

La conservation des fourrages humides sous forme de grosses balles rondes constitue un mode de conservation particulier pour 3 raisons: premièrement, la même machinerie sert pour l'ensilage et le foin; deuxièmement, le fourrage est ensilé à l'état long (non haché); troisièmement, chaque balle peut être conservée individuellement. La réussite d'un tel ensilage dépend largement des précautions prises à la récolte et à la mise en sac. On traitera tour à tour des facteurs de réussite à la récolte et à l'entreposage.

Récolte

On utilise normalement une faucheuse ou une faucheuse-conditionneuse pour former les andains. Ceux-ci devraient sécher au champ pendant environ 24 h par beau temps, suffisamment longtemps pour abaisser la teneur en eau en-dessous de 60%.

Pour faire un bon ensilage, il est important de presser les balles rondes le plus densément possible. Normalement, on peut obtenir une densité entre 125 et 150 kg de matière sèche par mètre cube. Ainsi, une balle de 1,5 m de longueur par 1,2 m de diamètre contiendra entre 212 et 255 kg de matière sèche. À une teneur en eau de 60%, cela représente un poids total entre 530 et 636 kg par balle.

La teneur en eau idéale pour les balles rondes ensilées semble être située entre 50 et 60%. Kjelgaard et al. (1981) ont observé une moins bonne fermentation dans les balles très humides contenant plus de 70% de teneur en eau. Par ailleurs, Harrison (1985) a noté plus de moisissures dans les ensilages très secs, à 40% de teneur en eau ou moins.

Les balles rondes devraient être transportées et scellées le plus rapidement possible après le pressage. Gaillard (1986) a rapporté que les balles s'échauffaient à plus de 50°C après 24 h au champ si elles n'étaient pas scellées. Normalement, un tel échauffement provoquera le brunissement de l'ensilage (caramélisation) et réduira la disponibilité de la protéine bien que ces 2 symptômes n'aient pas été observés lors d'essais avec des balles rondes ensachées 24 h après le pressage à Deschambault. Cependant, on a observé un pH instable dans ces mêmes balles. Après une baisse lente du pH jusqu'à environ 4,5, le pH remonte jusqu'à 5,0 après 120 jours de fermentation. C'est un signe qu'il n'y avait pas assez d'acide lactique pour stabiliser l'ensilage. Il est donc important d'ensacher les balles le même jour qu'on les presse.

Entreposage

On entrepose les balles rondes humides soit en sacs individuels, soit en boudin, soit en meule ou regroupement. Le site d'entreposage doit être propre, bien drainé et à l'abri des prédateurs. Les sacs ou bâches qui recouvrent les balles rondes sont faits de polyéthylène mince dont l'épaisseur varie entre 100 et 150 microns (4 et 6 millièmes de pouce).

Les sacs individuels offrent le plus de souplesse. En France, on recommande l'utilisation d'un plastique d'au moins 150 microns (6 mil.) d'épaisseur. En Angleterre, on utilise couramment des films plus minces d'environ 100 microns (4 mil.) d'épaisseur. La protection accordée aux balles rondes devrait être fonction de la durée d'entreposage. Les balles qui sont utilisées avant l'hiver peuvent bien se conserver dans des sacs de 100 microns d'épaisseur. De plus, une partie de ces sacs peut être récupérée pour une deuxième utilisation. Par contre, les balles qui ne seront utilisées qu'au printemps suivant sont les plus exposées à la détérioration. Dans un essai mené à la Station de recherche de Deschambault, la proportion de balles jetées était inférieure à 5% dans le cas de balles utilisées avant l'hiver; elle était supérieure à 15% dans le cas

de balles utilisées après l'hiver. Les balles qui sont entreposées pour une période supérieure à 4 ou 5 mois devraient bénéficier d'une protection additionnelle: soit l'utilisation de sacs plus épais, soit le recouvrement d'un groupe de balles en sac à l'aide d'un second film de protection.

Les balles rondes peuvent aussi être entreposées en boudin. Il s'agit de placer les balles bout à bout dans un long tube ordinairement de 30 m de longueur. On utilise un conformateur sur lequel on place le tube plié à l'avance. Ainsi, le conformateur maintient la périphérie fixe du tube; il est déplacé après le dépôt de chaque balle de façon à dérouler suffisamment de polyéthylène pour la balle suivante. Quelques manufacturiers offrent maintenant des conformateurs pour des sections de 1 seule balle ou encore 3 balles disposées en pyramide. Le boudin comporte 2 avantages intéressants: il ne nécessite pas l'attache après chaque balle et le placement des balles est plus rapide que dans les sacs individuels. Les principaux inconvénients sont la vulnérabilité accrue à la suite d'une perforation, le besoin d'un film plus épais pour résister aux efforts mécaniques accrus et l'impossibilité d'empiler les boudins. Si le film recouvrant un boudin est perforé, les pertes peuvent être plus considérables que dans les sacs individuels car plusieurs balles peuvent être affectées par l'infiltration d'air.

La troisième méthode d'entreposage consiste à regrouper les balles rondes en meule et de les recouvrir avec une bâche plus épaisse, généralement de 150 ou 200 microns (6 ou 8 mil.). Les balles sont placées en pyramide 2-1, 3-2-1 ou même plus grande, recouvertes d'une bâche retenue par des pneus et scellées à la base comme pour le silo-meule. Le principal avantage est l'économie de polyéthylène qui peut être supérieure à 50% par rapport aux sacs individuels. Cependant, lors de la reprise, on expose plusieurs balles à l'oxydation chaque fois qu'on lève la toile. Les meules de balles rondes sont adaptées surtout aux entreprises avec un gros troupeau consommant de grandes quantités de fourrages.

De nouvelles ensacheuses utilisent un film très mince (20 à 25 microns) étirable pour enrober les balles rondes individuellement (Gaillard, 1987). La qualité de conservation est globalement meilleure comparativement aux sacs mais les pertes ne sont pas pour autant éliminées. L'enrobage se fait souvent au champ. Il faut alors prendre des précautions pour ne pas perforer le film lors de la manutention du champ au site d'entreposage.

L'ensilage de balle ronde est caractérisé par une chute de pH plus lente que dans les autres ensilages. Ceci s'explique par le fait que l'ensilage en balle ronde n'est pas haché et que les sucres solubles contenus dans la plante sont libérés plus lentement pour l'activité microbienne. Des observations préliminaires indiquent qu'on pourrait pallier à ce problème en utilisant des faucheuses ou des conditionneurs plus agressifs à la coupe.

Reprise

Les balles rondes se prêtent bien à l'alimentation en groupe à même un râtelier. Chaque balle ronde est transportée à l'aide d'un fourchon à double pic à l'avant ou à l'arrière du tracteur; elle est déposée devant les animaux qui s'alimentent en libre-service. D'autres méthodes d'alimentation nécessitent soit le déchiquetage, soit le découpage, soit le déroulement des balles rondes. Des équipements spécialisés déchiquètent et hachent les balles rondes de façon à pouvoir servir le fourrage individuellement à chaque vache. Ces équipements exigent des puissances importantes et représentent un investissement qui peut dépasser 10 000 $. On peut aussi couper les balles rondes avec des haches, scies ou tranches mécaniques. Il s'agit de former des plus petits morceaux de foin qu'on peut manipuler facilement. Certaines scies coûtent entre 1 000 et 2 000 $. Enfin, certains agriculteurs déroulent les balles rondes sur le plancher d'alimentation de l'étable. Dans les étables où les vaches sont

attachées tête à tête avec une allée centrale, on dispose généralement d'assez de place pour dérouler la balle. Un treuil électrique muni d'un fourchon tire lentement la balle tout en la déroulant.

Il existe donc plusieurs systèmes de reprise des balles rondes. Leur utilisation dépend largement du type d'étable et du troupeau à qui les balles rondes sont destinées. L'alimentation en groupe à même un râtelier est certainement le système le plus simple. Il est aussi le plus économique à condition de minimiser les pertes et les refus lors de l'alimentation.

Développement

La presse à balles rondes est une machine intéressante parce qu'elle permet de faire soit de l'ensilage, soit du foin avec la même machinerie. L'investissement pour l'entreposage des balles humides est à peu près nul. Il faut plutôt prévoir l'achat annuel de polyéthylène de recouvrement. Le coût de polyéthylène peut être important surtout dans le cas de sacs individuels. Savoie (1987) a estimé qu'il fallait environ 1,3 kg de polyéthylène par tms d'ensilage en silo-meule et 5,5 kg de polyéthylène par tms d'ensilage de balle ronde. Au prix courant de 3,50 $ le kg, le polyéthylène coûte près de 20 $ par tonne de matière sèche.

Le prix du polyéthylène peut être sujet à de larges fluctuations au cours des années à venir parce qu'il est lié au prix du pétrole et à la demande mondiale des produits plastiques en forte progression. De plus, le polyéthylène n'étant pas ou peu réutilisable après un an, il faut trouver des moyens de disposition acceptables pour le maintien d'un environnement propre. On pense à certains moyens comme l'enfouissement ou le recyclage pour la fabrication de polyéthylène de moindre qualité. À court terme, l'ensilage de balles rondes présente un intérêt certain à cause de son faible coût en investissement et son coût de plastique comparable ou moins élevé que le coût d'entreposage des autres formes d'ensilage. À long terme toutefois les fluctuations de prix du polyéthylène et les problèmes de récupération pourraient nuire au développement de l'ensilage de balles rondes.

ADDITIFS À ENSILAGE

Lorsqu'on conserve le fourrage sous forme d'ensilage, le principal objectif consiste à stabiliser rapidement la fermentation de façon à arrêter l'activité biologique. Pour atteindre cet objectif, il importe que la fermentation prenne place dans des conditions parfaitement anaérobies (sans oxygène), que les micro-organismes indésirables soient inhibés et que les bactéries produisant de l'acide lactique soient stimulées. Sous des conditions anaérobies, la plupart des micro-organismes indésirables (clostridies, coliformes et levures) ont une croissance limitée. La meilleure manière de contrecarrer la croissance des clostridies est de promouvoir la fermentation lactique. Si l'on pourvoit un niveau adéquat de sucres solubles, d'humidité et d'exclusion d'air, alors les bactéries productrices d'acide lactique domineront la fermentation, ce qui réduira le pH de la masse de 6,5 à 4,0 environ. À ce pH, l'ensilage se conserve bien.

En termes pratiques, pour faire un ensilage de bonne qualité, il est important que le remplissage du silo soit effectué rapidement. La teneur en eau idéale dépend du type d'entreposage et de l'espèce ensilée: en silo horizontal, on recommande une teneur en eau de 75% pour les graminées et 70% pour les légumineuses; en silo vertical, on recommande 65% pour les graminées et 60% pour les légumineuses. La longueur des particules devrait être entre 6 et 18 mm (1/4 à 3/4"). Ces conditions favorisent un bon tassement, l'exclusion de l'air ralentit le développement de bactéries indésirables au bénéfice des bactéries productrices d'acide lactique. Les bactéries nuisibles métabolisent des sucres en des produits finaux indésirables (acétate et buty-

rate) ou en produits que ne conservent pas la plante (éthanol et butanediol). De plus, elles métabolisent une fraction de la protéine du fourrage en acides aminés libres et en ammoniaque. La protéine ainsi dégradée est peu utile pour les ruminants; elle produit dans le rumen une haute concentration d'ammoniaque qui est excrétée sous forme d'urée.

Types d'additifs et leurs modes d'action

À cause de la complexité du procédé de fermentation, plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité de l'ensilage. C'est pour cette raison que des compagnies commerciales offrent plusieurs types d'additifs d'ensilage qui peuvent aider à la préparation d'un bon ensilage. La plupart de ces additifs peuvent être classés comme inhibiteurs ou stimulants de fermentation.

Parmi les produits réduisant la fermentation, les acides organiques (formique, propionique) et les bases (ammoniaque) sont utilisés pour une acidification directe ou pour diminuer l'activité biologique des micro-organismes. Il a été démontré que les acides organiques sont très efficaces, en particulier avec les ensilages plus humides contenant relativement beaucoup de protéines brutes (15% et plus) et peu de sucres solubles (8% ou moins). Le traitement du maïs humide avec de l'ammoniac anhydre résulte en une plus forte consommation alimentaire et un taux de croissance plus rapide des bouvillons (Phillip and Garino, 1983). Cependant, les produits utilisés pour inhiber la fermentation doivent être manipulés avec précaution; les acides organiques sont corrosifs, ils peuvent endommager la machinerie agricole ou brûler la peau. Pour ces raisons, les inhibiteurs de fermentation sont moins populaires que les stimulants de la fermentation.

Parmi les additifs stimulant la fermentation, on compte des inoculants bactériens, des produits augmentant la disponibilité de substrats (enzymes, minéraux), des antioxidants et des inhibiteurs de moisissures. Les inoculants sont des lignées de bactéries soigneusement sélectionnées (**Lactobacillus plantarum, Pediococcus acidolactici, Streptococcus faeculis**) qui augmentent le taux de production d'acide lactique et donc réduisent une fermentation indésirable. Des recherches ont démontré que pour obtenir un bon taux de fermentation, il est nécessaire d'avoir 100 000 bactéries par gramme de matériel végétal. Certaines bactéries peuvent être présentes lors de la récolte; toutefois, il est difficile de prévoir si leur nombre est adéquat. Ainsi, l'ajout d'un inoculant commercial peut être tantôt bénéfique, tantôt inutile ce qui est bien démontré par les résultats variables obtenus lors d'expériences scientifiques. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la luzerne, une plante difficile à ensiler puisqu'elle contient peu de sucres solubles et beaucoup de protéines qui ont un pouvoir tampon, ralentissant ainsi l'abaissement du pH.

Certains additifs enzymatiques (amylases, cellulases) transforment les glucides complexes (amidon) en sucres simples, les rendant ainsi plus disponibles pour la production d'acide lactique. Block et Garino (1988) ont traité de la luzerne avec un additif commercial promouvant la production de plusieurs substrats. Ils ont observé une meilleure ingestibilité chez des vaches laitières d'une ration totale mélangée contenant 30% d'ensilage traité. La consommation moyenne de matière sèche était de 23,3 kg/jour avec l'ensilage traité et 21,1 kg avec l'ensilage non traité, durant une période de 10 semaines commençant 21 jours après le vêlage. La production de lait n'était pas significativement différente (36,5 kg/jour avec l'ensilage traité et 36,4 kg/jour avec l'ensilage non traité). Cependant, les vaches alimentées à l'ensilage traité ont perdu seulement 20 kg de poids comparativement à 33 kg pour les vaches alimentées à l'ensilage non traité. Les résultats sont illustrés à la figure 2. D'un point de vue économique, l'additif ne semble pas justifié bien qu'il ait favorisé un meilleur équilibre énergétique chez les vaches.

Les additifs ne peuvent remplacer une bonne gestion lors de la récolte et de la mise en silo. Ils peuvent être utiles lorsque les conditions d'ensilage

ne sont pas idéales: pas assez de bactéries inhérentes à la récolte, teneur en eau trop élevée ou faible teneur en sucres solubles. Le choix d'additifs à utiliser dépend du matériel à ensiler et des conditions à la récolte. Votre expérience personnelle pourrait bien être votre meilleur guide.

CONCLUSIONS

On a vu dans les pages précédentes que les nouvelles options en récolte et conservation des fourrages sont nombreuses. Certaines méthodes auront la vie courte, d'autres seront utilisées plus longtemps. L'acceptation d'une nouvelle méthode dépendra principalement de l'intérêt économique pour le producteur.

On peut s'attendre à voir de plus en plus de faucheuses rotatives à cause de leur capacité de travail accrue comparativement aux faucheuses à barre de coupe. Cependant, pour la récolte de l'ensilage, on devra se méfier de l'effet de succion des faucheuses rotatives, ce qui peut accroître la présence de poussières du sol et de micro-organismes peu favorables à une bonne fermentation.

Les conditionneurs mécaniques à rouleaux ou à doigts continueront à être utilisés sur les faucheuses. Les rouleaux demeureront utiles pour le traitement délicat des légumineuses tandis que les doigts conditionneurs deviendront plus courants chez les producteurs de graminées fourragères. Le conditionnement chimique ne semble pas appelé à se développer à cause de son faible bénéfice par rapport aux efforts nécessaires pour maîtriser la technologie.

Le surconditionnement mécanique, qui consiste à broyer le fourrage vert et à le presser en une natte mince, permettrait de faire du foin sec en une seule journée de séchage au champ. Bien qu'encore au stade de la recherche, cette technologie semble appelée à jouer un rôle important dans la récolte d'un foin d'excellente qualité et de sa commercialisation. Le surconditionnement devrait être intégré sur des faucheuses commerciales d'ici 5 ans environ.

En attendant la venue du surconditionnement, on continuera à faire du foin en andains qui nécessitent 2 ou 3 jours de séchage par beau temps. Le faneur à toupie demeurera utile pour accélérer le séchage dans les champs de graminées. Cependant, le retourneur d'andain remplacera le faneur dans les prairies de légumineuses à cause de son traitement plus délicat.

Les presses à balles rondes connaissent déjà une croissance marquée par rapport aux presses conventionnelles. Elles offrent une bonne capacité de récolte avec une main-d'oeuvre réduite. Elles permettent même la conservation du fourrage sous forme de foin ou d'ensilage. Le principal inconvénient sous forme de foin est la difficulté à ventiler adéquatement les balles rondes pour en chasser l'humidité en excès. On peut recourir à des additifs antifongiques mais leur coût devient prohibitif pour des teneurs en eau supérieures à 25%. Le principal inconvénient sous forme d'ensilage est le coût relativement élevé du polyéthylène de recouvrement. Étant donné que le nombre de presses à balle ronde est appelé à augmenter au cours des prochaines années, la recherche devra proposer des méthodes pratiques de ventiler le foin de balles rondes. La balle ronde séchée en grange est une avenue plus prometteuse que l'ensilage de balles rondes qui sera vulnérable aux fortes fluctuations mondiales de la demande des produits plastiques et aux exigences environnementales concernant la récupération de ces produits.

Du côté ensilage en silo-tour, on constate des changements surtout au niveau de la récolte et de la manutention pour en augmenter l'efficacité. Les doubleurs d'andains diminuent de moitié la circulation de la fourragère.

Les camions et les bennes de distribution au souffleur permettent de transporter et décharger rapidement de grands volumes d'ensilage.

La fabrication de silos horizontaux ou silos-meules devrait croître dans les années à venir. Beaucoup plus économiques que les silo-tours, ils nécessitent toutefois plus de soin pour maintenir l'étanchéité du film plastique et pour obtenir une bonne fermentation. Ils permettent aussi la conservation d'ensilage haché plus grossièrement que dans les silos-tours. Le hachage plus long réduit la demande de puissance de récolte. La remorque autochargeuse, qui hache l'herbe entre 20 et 80 mm de longueur, a une grande capacité de récolte. Elle pourrait faciliter l'émergence d'entrepreneurs qui fabriqueront des silos-meules à forfait. Les agriculteurs déjà équipés d'une fourragère pourraient augmenter d'une façon très économique leur volume d'ensilage en utilisant le silo-meule plutôt qu'en construisant un nouveau silo-tour.

Certains additifs améliorent la fermentation de l'ensilage tandis que d'autres additifs protègent le foin humide contre le développement des moisissures. Une régie attentive pour l'ensilage (taux d'humidité du fourrage adapté au silo et à l'espèce, scellement rapide) est souvent aussi efficace que n'importe quel additif à ensilage. Par ailleurs, le coût relativement faible de l'électricité au Québec rend la ventilation du foin humide plus attrayante que l'emploi de produits antifongiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. **BEAUREGARD, S.** 1985. Étude technico-économique du conditionnement chimique des fourrages. Séminaire, département de génie rural, Université Laval. 40 pages.
2. **BERTRAND, J.F.** et **P. GERVAIS.** 1979. Évolution du rendement et de la composition de la luzerne (**Medicago sativa** L.) avec l'âge. Naturaliste can. 106: 463-470.
3. **BLEDSOE, B.L., S. SHOULDERS, J.W. HITCH** et **J.E. MAPLES.** 1985. Rapid solar-heated forced-air drying of large round hay bales: design and operating considerations. ASAE paper 85-4538.
4. **BLOCK, E** et **H. GARINO.** 1987. The effects of using a haylage preservative at ensiling and a combination of a drying agent and preservative for hay at baling on performance of dairy cows. Rapport de recherche, Collège Macdonald, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec.
5. **B.S.Q.** 1986. Statistiques de l'agriculture, des pêches et de l'alimentation, édition 1986. Bureau de la statistique du Québec, Québec.
6. **CABON, G.** 1982. Les pertes en cours de récolte et de conservation de la luzerne et du trèfle violet: aspects économiques de quelques chantiers de récolte. Fourrage 90: 161-180.
7. **C.P.V.Q.** 1986. Guide des plantes fourragères. Conseil des productions végétales du Québec.
8. **FORTIER, M.** 1979. Grosses balles rondes: manipulation, entreposage et conservation. Septième colloque de génie rural. Département de génie rural, Université Laval, Québec.
9. **FRISBY, J.C., J.T. EVERETT** et **R.M. GEORGE.** 1985. Negative pressure solar dryer for large round alfalfa bales. ASAE paper 85-4539.
10. **GAILLARD, F.** 1986. L'ensilage en balles rondes en France. Symposium sur les plantes fourragères, pages 175-199. Conseil des productions végétales du Québec, Québec.
11. **GAILLARD, F.** et **P. ZWAENEPOEL.** 1987. Balles rondes sous film étirable. CEMAGREF, BTMEA 18: 37-46.

12. **HARRISON, H.P.** 1985. Preservation of large round bales at high moisture. Transactions of the ASAE 28(3): 675-686.
13. **JONES, L.** et **C.E. HARRIS.** 1979. Plant and swath limits to drying. Occasional symposium no. 11: 53-60. British Grassland Society, Hurley, Berkshire, U.K.
14. **JUBINVILLE, J.** 1983. Aspect économique de l'alimentation humide. Symposium sur les bovins laitiers, 61-94. Conseil des productions animales du Québec.
15. **JUBINVILLE, J.** 1984. Quels silos choisir pour vos fourrages? Bulletin des agriculteurs, février 1984: 20-26.
16. **KJELGAARD, W.L., P.M. ANDERSON, L.L. WILSON, H.W. HARPSTER, P.J. LEVAN** et **R.F. TODD.** 1981. Round bale silage. ASAE paper 81-1520.
17. **KOEGEL, R.G., R.J. STRAUB** et **K.J. SHINNERS.** 1983. Ammonia treatment of large and small hay packages. ASAE paper 83-1534.
18. **KRUTZ, G.W., D.A. HOLT** et **D. MILLER.** 1979. For fast drying of forage crops. Agr. Eng. 60(8): 16-17.
19. **NEHRIR, H., W.L. KJELGAARD, P.M. ANDERSON, T.A. LONG, L.D. HOFFMAN, J.B. WASHKO, L.L. WILSON** et **J.P. MUELLER.** 1978. Chemical additives and hay attributes. Trans. ASAE 21(2): 217-221, 226.
20. **OWEN, I.A.** et **D. WILMAN.** 1983. Differences between grass species and varieties in rate of drying at 25°C. J. Agr. Sci. Cambridge, 100: 629-636.
21. **PAMI.** 1987. Evaluation Reports 488 and 523 of round bales. Prairie Agricultural Machinery Institute, Humboldt, Saskatchewan.
22. **PATTEY, E., P. SAVOIE** et **P.A. DUBÉ.** 1988. The effect of a hay tedder on the field drying rate. Canadian Agricultural Engineering 30(1): 43-50.
23. **PHILLIP, L.** et **H. GARINO.** 1983. Animal Research Report. Collège Macdonald, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec.
24. **PLUE, P.S.** 1988. On-farm drying of large round bales. American Society of Agricultural Engineers, paper 88-1067.
25. **QUÉVILLON, M.** 1988. Le silo-meule. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Région 09 (Abitibi-Témiscamingue).
26. **REES, D.V.H.** 1982. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. J. Agr. Eng. Res. 27: 469-479.
27. **ROCHAT, E.** et **P. GERVAIS.** 1975. Courbes de productivité et influence de la date de la première exploitation sur le rendement en matière sèche et en protéine du brome, de la fléole et du dactyle. Naturaliste can. 102: 89-97.
28. **ROTZ, C.A.** 1985. Economics of chemically conditioned alfalfa on Michigan dairy farms. Trans. ASAE 28(4): 1024-1030.
29. **ROTZ, C.A.** et **Y. CHEN.** 1985. Alfalfa drying model for the field environment. ASAE paper 85-1027.
30. **ROTZ, C.A.** et **D.J. SPORTT.** 1984. Drying rates, losses and fuel requirements for mowing and conditioning alfalfa. Trans. ASAE 27(3): 715-720.
31. **SAVOIE, P.** 1983. Approche globale à la récolte et à la conservation des herbages. Onzième colloque de génie rural. Département de génie rural, Université Laval, Québec.
32. **SAVOIE, P.** 1985. La largeur des andains et le séchage du foin. Bulletin des agriculteurs, juin 1985: 13-14.
33. **SAVOIE, P.** 1986. Méthodes d'améliorer la fenaison. Symposium sur les plantes fourragères, pages 111-138. Conseil des productions végétales du Québec, Québec.
34. **SAVOIE, P.** 1987. Optimization of plastic cover for stack silos. Canadian Society of Agricultural Engineering, paper 87-115.
35. **SAVOIE, P.** 1988. Hay tedding losses. Canadian Agricultural Engineering 30(1): 39-42.
36. **SAVOIE, P.** et **S. BEAUREGARD.** 1986. Le conditionnement chimique des fourrages. Bulletin des agriculteurs, mai 1986, pp. 39-45.
37. **SAVOIE, P.** et **S. BEAUREGARD.** 1988. Les retourneurs d'andains. Rapport de recherche. Agriculture Canada et Département de génie rural. Université Laval, Québec.
38. **SAVOIE, P., J.M. FORTIN** et **J.M. WAUTHY.** 1986. Conservation of grass silage in stack silos and utilization by sheep and dairy cows. Transactions of the ASAE 29(6): 1784-1789.

39. SAVOIE, P., L.D. PARSCH, C.A. ROTZ, R.C. BROOK et **J.R. BLACK.** 1985b. Simulation of forage harvest and conservation on dairy farms. Agr. Systems 17(2): 117-131.

40. SAVOIE, P., E. PATTEY et **G. DUPUIS.** 1984. Interactions between grass maturity and swath during hay drying. Trans. ASAE 27(6): 1679-1683.

41. SAVOIE, P., D. TREMBLAY, J.M. WAUTHY, C. VIGNEAULT et **R. THÉRIAULT.** 1987. Forage chopping energy versus length of cut. American Society of Agricultural Engineers, paper 87-1546.

42. SHINNERS, K.J., G.P. BARRINGTON, R.G. STRAUB et **R.G. KEOGEL.** 1985. Forming mats from macerated forages to increase drying rates. Trans. ASAE 28(2): 371-374.

43. STATISTIQUES CANADA. 1982. Recensement du Canada de 1981. Agriculture au Québec. Ministère des Approvisionnements et Services, Ottawa.

44. STATISTIQUES CANADA. 1987. Recensement 1986 — Agriculture. Ministère des Approvisionnements et Services, Ottawa.

45. ST-PIERRE, R. 1983. Alimentation humide. Symposium sur les bovins laitiers, 9. Conseil des productions animales du Québec.

46. WIERINGA, G.W. 1969. Influence of moisture and nutrient content of forage plants on fermentation processes. Proceedings of the third general meeting of the European Grassland Federation. Braunschweig, pp. 113-137. Cité dans Perspectives agricoles, mai 1978, pages 10-18.

Tableau 1:
COMPARAISON DE 5 FAUCHEUSES-CONDITIONNEUSES EN TERMES DE SÉCHAGE, PERTES AU CHAMP ET BESOIN EN ÉNERGIE (D'APRÈS ROTZ ET SPROTT, 1984).

Genre de faucheuse	Genre de conditionneur	Coefficient de séchage (h^{-1})	Pertes mécaniques après râtelage (%)	Consommation de carburant (L/tms)	Puissance max. à la prise de force (kW)
1. Barre de coupe	Rouleaux éclateurs	0,132	3,0	0,24	14
2. À fléaux	Fléaux (martelage)	0,146	6,2	0,61	31
3. À disques	Rouleaux éclateurs	0,136	2,9	0,51	18
4. À disques	Fléaux (frottement)	0,109	2,9	0,84	31
5. À tambour	Rouleaux éclateurs	0,118	2,4	0,74	38

Tableau 2:
RENTABILITÉ DU CONDITIONNEMENT CHIMIQUE: PROFIT (+) OU PERTE (−) NETTE EN $/HA.

Taux d'application (L/ha)	Rendement (tms/ha)				
	1	2	3	4	5
150	− 3,15	+ 1,32	+3,74	+1,51	+2,90
300	− 9,69	− 1,58	+1,77	+2,14	+3,36
450	−18,40	− 7,40	−2,93	−1,99	−1,71
600	−27,57	−15,08	−8,46	−7,25	−6,78

Tableau 3:
PUISSANCE DE TRACTEUR ESTIMÉE (kW) POUR ACTIONNER UNE FOURRAGÈRE ET TIRER UN WAGON SELON LA VITESSE ET LA LONGUEUR DE HACHAGE, DANS UN FOURRAGE HUMIDE À 80% DE TENEUR EN EAU.

Longueur de hachage théorique (mm)	Vitesse d'avancement (km/h)		
	4	5	6
6,35	55,8	69,7	83,7
12,7	53,4	66,7	80,1
25,4	49,7	62,1	74,5
38,1	46,4	58,0	69,6

Tableau 4:
PUISSANCE DE TRACTEUR ESTIMÉE (kW) POUR ACTIONNER UNE FOURRAGÈRE ET TIRER UN WAGON SELON LA VITESSE ET LA LONGUEUR DE HACHAGE, DANS UN FOURRAGE PRÉFANÉ À 60% DE TENEUR EN EAU.

Longueur de hachage théorique (mm)	Vitesse d'avancement (km/h)		
	4	5	6
6,35	43,7	54,6.	65,5
12,7	41,3	51,6	61,9
25,4	37,6	47,0	56,4
38,1	34,3	42,9	51,5

Tableau 5:
CONSOMMATION DE LA RATION TOTALE MÉLANGÉE (kg MS/jour; 56% de fourrages) PAR DES VACHES LAITIÈRES. LES ENSILAGES ÉTAIENT CONSERVÉS EN MEULES.

Fourrage dans la ration	Nombre de semaines après vêlage				Moyennes
	7	10	13	16	
1. Coupe directe	15,15	16,67	16,34	15,64	15,95
2. Coupe directe et acide formique	17,58	15,46	17,33	16,50	16,72
3. Ensilage préfané	17,05	17,66	17,38	15,88	16,99
4. Foin	16,31	17,42	16,30	17,66	16,92
Moyennes	16,52	16,80	16,84	16,42	16,65

N.B. Les valeurs représentent une moyenne de 4 vaches par période et par traitement.
Source: Savoie et al., 1986.

Tableau 6:
PRODUCTION LAITIÈRE (kg/jour).

Fourrage dans la ration	Nombre de semaines après vêlage				Moyennes
	7	10	13	16	
1. Coupe directe	25,19	26,41	25,86	22,62	25,02
2. Coupe directe et acide formique	28,30	23,82	23,06	21,42	24,15
3. Ensilage préfané	27,98	27,22	25,57	20,32	25,27
4. Foin	26,63	26,33	20,81	24,94	24,68
Moyennes	27,03	25,95	23,83	22,33	24,79

N.B. Les valeurs représentent une moyenne de 4 vaches par période et par traitement.
Source: Savoie et al., 1986.

Figure 1:
DISTRIBUTION DE LA LONGUEUR DES BRINS D'ENSILAGE HACHÉ À 4 LONGUEURS DE COUPE THÉORIQUE (ensilage de graminées préfanées, juin 1987).

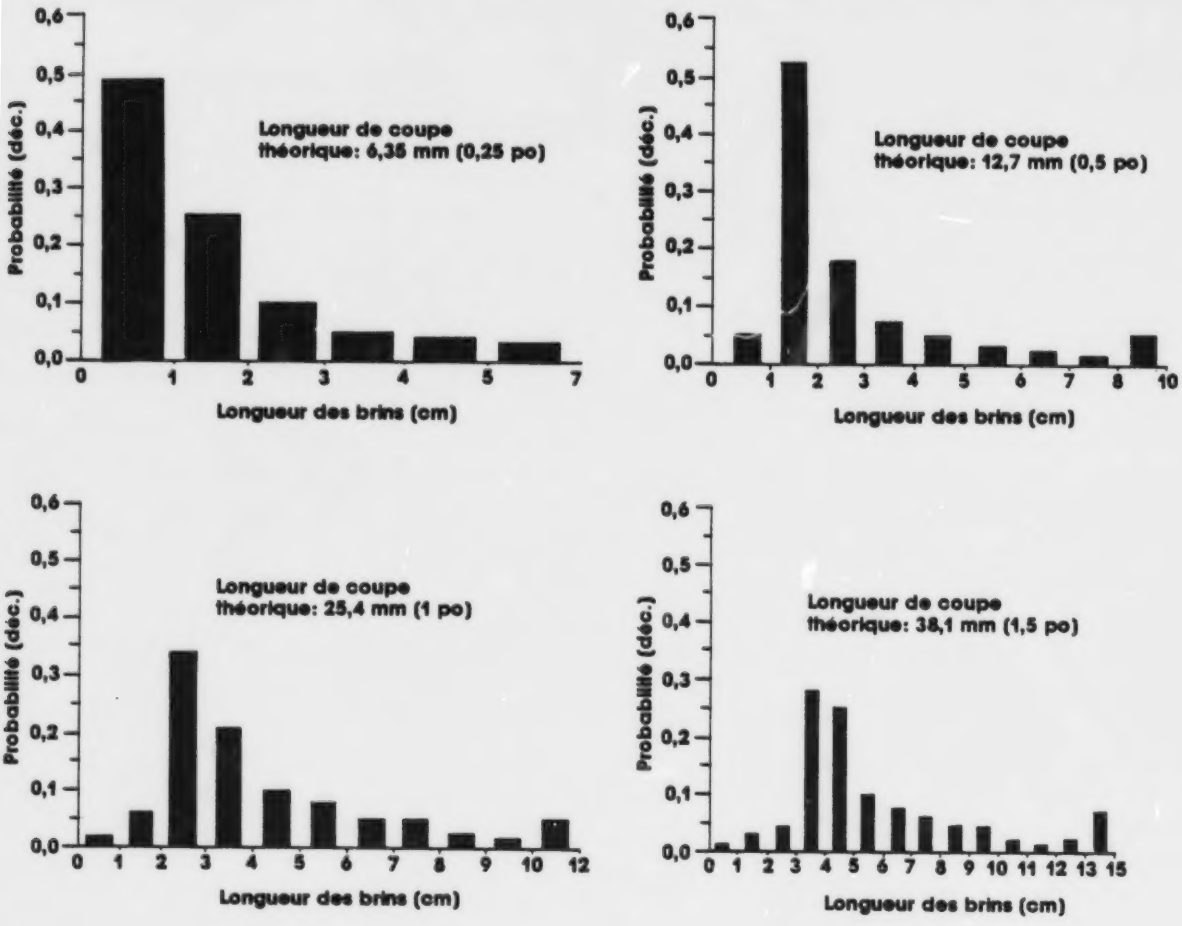
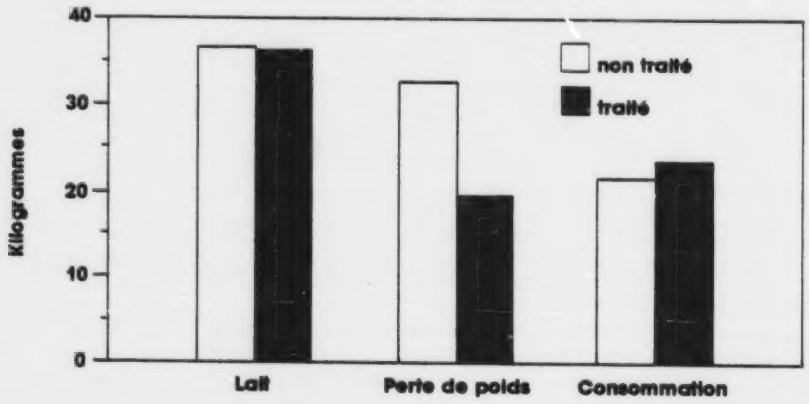


Figure 2:
PRODUCTION DE LAIT (kg/jour), PERTE DE POIDS GLOBALE PENDANT 10 SEMAINES DE LACTATION ET CONSOMMATION (kg matière sèche/jour) D'UNE RATION CONTENANT 30% D'ENSILAGE PRÉFANÉ TRAITÉ OU NON AVEC UN ADDITIF ENZYMATIQUE (Block et Garino, 1987).



LE LAIT QUE VOUS PRODUISEZ RÉPOND-IL ADÉQUATEMENT AUX ATTENTES DES TRANSFORMATEURS?

Jacques Goulet

INTRODUCTION

Du point de vue légal, le lait est défini comme « le liquide secrété par les glandes mammaires de la vache, de la chèvre ou de la brebis » (13). Ce produit de secrétion que les hommes de loi ont si habilement et simplement défini demeure, par ailleurs, un des produits alimentaires les plus complexes. Pour les scientifiques le lait peut être défini de plusieurs manières: le nutritionniste le considère comme « le meilleur aliment à l'état naturel, car il contient des quantités relativement importantes de quelques 55 nutriments essentiels à l'homme » (1); le chimiste y voit « un système colloïdal constitué d'une solution aqueuse de lactose, de matières salines et de plusieurs autres éléments à l'état dissous dans laquelle se trouvent des protéines à l'état de suspension et des matières grasses à l'état d'émulsion » (14). Pour le microbiologiste, « le lait est un excellent milieu nutritif pour les bactéries » (4) alors que le technologue alimentaire y voit une matière première dont on peut tirer de la crème, du beurre, du babeurre, du fromage, des caséines, des caséinates, du lactose, des protéines sériques, du lactosérum et une foule de dérivés issus de procédés aussi divers que complexes.

Le jargon communément utilisé par les transformateurs laitiers comporte plusieurs expressions qu'il convient de définir avant de parler des principes et des techniques de transformation.

HUMIDITÉ

Pourcentage d'eau contenue dans le produit; cette valeur peut être aussi élevée que 93,5% dans le lactosérum et aussi basse que 4% dans la poudre de lait écrémé et 0% dans l'huile de beurre.

SOLIDES TOTAUX

Matières solides résiduelles après l'évaporation complète de l'eau; quantitativement, le pourcentage de solides totaux est obtenu en soustrayant le pourcentage d'humidité de la valeur de 100%.

SOLIDES NON GRAS

Matières solides résiduelles après l'évaporation de l'eau et l'extraction de la matière grasse; quantitativement, le pourcentage de solides non gras est obtenu en soustrayant le pourcentage de matière grasse et le pourcentage d'humidité de la valeur de 100%.

MATIÈRES GRASSES

Constituant du lait et des produits laitiers qui est extrait par des solvants organiques et qui est insoluble dans l'eau; quantitativement, le pourcentage de matières grasses est obtenu par dosage au moyen de méthodes chimiques (Babcock, Mojonnier) ou physico-chimiques (Milko-tester, Milko-scan).

PROTÉINES

Constituant du lait qui représente environ 35% des solides non gras; quantitativement, le pourcentage de protéines est obtenu par dosage chimique (Kjeldahl) ou physico-chimique (Milko-scan). Les protéines peuvent être subdivisées en 2 grandes classes: (a) les caséines qui ont la propriété de coaguler sous l'action de la présure et/ou de l'acidité, (b) les protéines du sérum (ou protéines de lactosérum) qui ne coagulent que sous l'effet de la chaleur et certaines conditions d'acidité.

LACTOSE

Constituant sucré du lait qui représente environ 50% des solides non gras du produit; quantitativement, le pourcentage de lactose est obtenu par dosage chimique (colorimétrie) ou physico-chimique (polarimétrie, chromatographie, infra-rouge).

MINÉRAUX

Ensemble des constituants salins du lait représentant environ 8% des solides non gras du produit; quantitativement, le pourcentage de minéraux est obtenu par incinération du produit.

CONSTITUANTS MINEURS

Le lait comporte une foule de composés présents à l'état de traces ou en très faible concentration tels que l'acide citrique, l'acide orotique, les vitamines liposolubles et hydrosolubles, diverses enzymes, des cellules somatiques, des gaz, de l'urée, de la créatinine, de l'acide urique, de l'ammoniaque, etc. . .

ACIDITÉ

Plusieurs des constituants du lait tels que les protéines, les minéraux et les acides organiques sont des molécules électriquement chargées qui ont la propriété de neutraliser des bases ou des acides forts. Cette propriété est aussi appelée « pouvoir tampon » ou « acidité naturelle » du lait (5). Lorsque le lait est fortement contaminé par des bactéries ou encore lorsqu'on l'inocule intentionnellement avec des cultures lactiques (eg. yogourt, fromages) il y a une production d'acide par fermentation du lactose. Cette acidité qui s'ajoute à l'acidité naturelle est appelée « acidité développée (6) ».

IMPORTANCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA COMPOSITION DU LAIT

La composition du lait est influencée par une multitude de facteurs de nature aussi diverse que la race et les variants génétiques des animaux, le stade de lactation, le type d'alimentation, l'environnement et la santé du troupeau.

RACE

Il existe d'importantes différences compositionnelles entre les laits de diverses races de vaches. Les données présentées au tableau 1 illustrent des différences majeures principalement au niveau des matières grasses et des protéines. Pour le lactose et les minéraux, les différences sont nettement moins prononcées; si l'on se réfère à la littérature américaine disponible sur le sujet (Tableau 2) on peut constater des écarts de composition (Δ) beaucoup plus

marqués entre les races pour les matières grasses et les protéines, que pour le lactose et les minéraux. Ces différences, lorsque rapportées en pourcentage de la moyenne pour l'ensemble des races (Δ/x *100) vont jusqu'à 38% pour les matières grasses, 19% pour les protéines et 17,5% pour les solides totaux; les variations pour le lactose et les minéraux se limitent à moins de 9%.

Tableau 1:
COMPOSITION DU LAIT EN PROTÉINES ET MATIÈRES GRASSES EN FONCTION DE LA RACE DE VACHE
(d'après le rapport sommaire du PATLQ, 1986).

Race	Matières grasses (%)	Protéines (%)
Ayrshire	3,91	3,33
Canadienne	4,03	3,46
Holstein	3,55	3,15
Jersey	4,72	3,85
Suisse brune	3,92	3,43
Écart (Δ)	1,17	0,70

Tableau 2:
COMPOSITION DU LAIT EN FONCTION DE LA RACE DE VACHE (*)

Race	Eau (%)	Solides totaux (%)	Matières grasses (%)	Protéines (%)	Lactose (%)	Minéraux (%)
Ayrshire	86,69	13,11	4,14	3,58	4,69	0,68
Guernsey	85,13	14,87	5,19	4,02	4,91	0,74
Holstein	87,50	12,50	3,55	3,42	4,86	0,68
Jersey	85,31	14,69	5,18	3,86	4,94	0,70
Shorthorn	87,43	12,57	3,62	3,32	4,89	0,73
Suisse brune	86,59	13,41	4,01	3,61	5,04	0,73
Moyenne (x)		13,53	4,28	3,64	4,89	0,71
Écart (Δ)		2,37	1,64	0,70	0,35	0,06
Δ/x (%)		17,5	38,3	19,2	7,2	8,5

(*) d'après Harris et Karmas (1977).

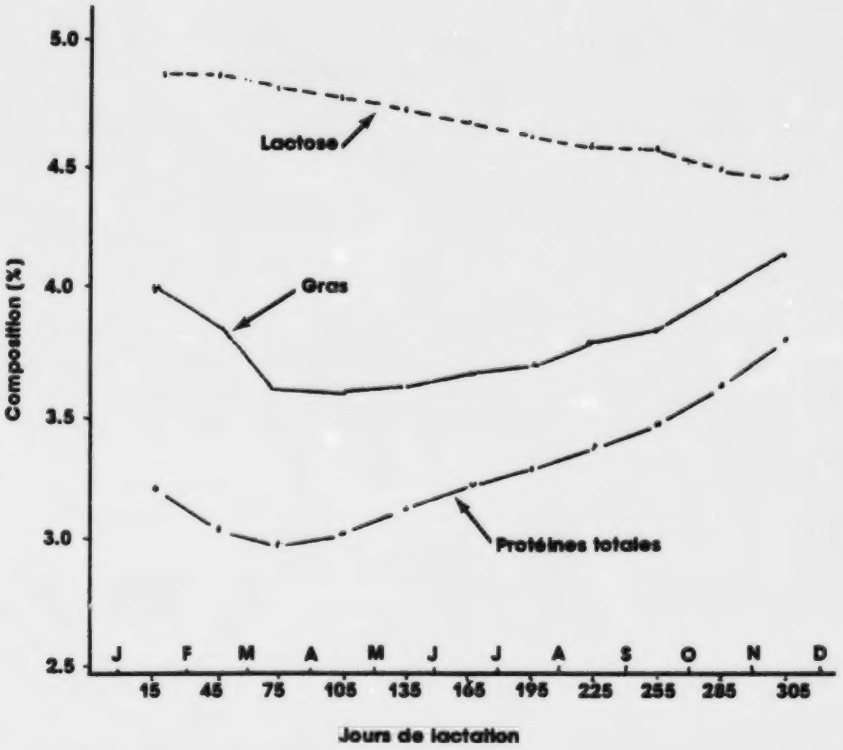
VARIANTS GÉNÉTIQUES

À l'intérieur d'une même race on observe des variations quantitatives et qualitatives d'une vache à l'autre. Ces variations sont liées à des facteurs génétiques qu'il est difficile de cerner. Ces variations génétiques peuvent être mises en évidence par une analyse poussée des protéines du lait et semblent avoir une influence mesurable sur certaines propriétés du lait comme la stabilité à la chaleur (18) et les rendements fromagers (11).

STADE DE LACTATION

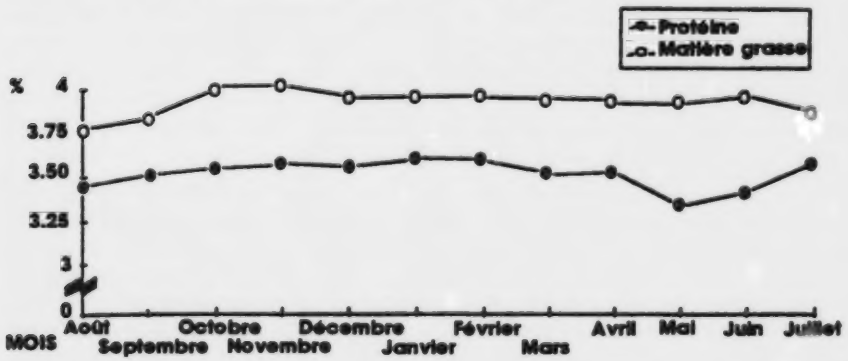
Les données rapportées à la figure 1 permettent de visualiser les fluctuations de composition liées au stade de lactation. Les principaux composants touchés par ces fluctuations sont les protéines et les matières grasses. Globalement on peut dire que les solides non gras sont élevés dans le colostrum, déclinent au cours des 2 premiers mois de lactation, et réaugmentent au cours des 7 derniers mois. On signale également que les solides non gras diminuent au fur et à mesure que la vache vieillit (5 à 6% sur une période de 9 ans) (17).

Figure 1:
ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN LACTOSE, MATIÈRES GRASSES ET PROTÉINES DE LAIT DE VACHE EN FONCTION DE LA PÉRIODE DE LACTATION.



Compte tenu de la distribution des mises-bas tout au long de l'année, il est difficile de visualiser ces fluctuations sur l'ensemble des troupeaux laitiers du Québec. Les données statistiques disponibles nous permettent plutôt de visualiser l'influence combinée des saisons et de l'alimentation sur la composition en protéines et en matières grasses (figure 2). L'effet observé se traduit par une baisse de la concentration en protéines au début de la saison estivale et une augmentation de la teneur en gras au début de la saison automnale.

Figure 2:
TAUX MENSUEL DE MATIÈRES GRASSES ET DE PROTÉINES DU LAIT DU QUÉBEC, 1985-1986
(d'après GREPA, Les faits saillants laitiers québécois, 1987).



ALIMENTATION

L'alimentation a une influence déterminante, non seulement sur le volume de lait produit, mais aussi sur sa composition. Il est évident qu'une alimentation limitée en azote aura une influence négative sur la quantité de protéines produites par la vache. Il est aussi reconnu qu'une augmentation des matières grasses dans la ration augmentera le taux de matières grasses dans le lait (17). Les protéines et matières grasses de la ration peuvent aussi être protégées contre l'action des microorganismes du rumen; cette pratique nutritionnelle semble avoir un impact non seulement sur la quantité mais aussi la qualité des protéines et des matières grasses du lait (10,2).

La présence de certaines substances dans l'alimentation peut avoir une influence déterminante sur diverses propriétés et caractéristiques du lait: il est reconnu en effet que certaines plantes peuvent affecter la saveur du lait (17,3); une déficience en vitamine C, par exemple, peut augmenter la susceptibilité du lait à l'oxydation (17); la consommation de fourrages verts par ailleurs donnera une matière grasse plus colorée.

ENVIRONNEMENT

L'environnement de la vache a une influence certaine mais parfois difficile à quantifier sur la quantité, la qualité et la composition du lait produit. Parmi les facteurs qui ont déjà été signalés dans la littérature il convient de mentionner:

— la température ambiante (17)
— l'exercice (17)
— les intervalles de traite (17)
— les pratiques de traite (17)
— le stress (17)
— les tensions parasites (9)

SANTÉ

Parmi les infections susceptibles d'avoir le plus d'influence sur la composition et la qualité du lait, les mammites viennent en tête de liste. La synthèse des protéines, du lactose et des matières grasses est altérée au niveau des cellules sécrétrices de sorte que le lait mammiteux est appauvri en lactose, gras, caséine et calcium et enrichi par ailleurs en chlorures et en contaminants bactériens.

Ce lait est généralement moins stable à la chaleur et coagule mal en production fromagère (4).

IMPORTANCE DE CERTAINS FACTEURS SUR LA QUALITÉ DU LAIT

Les transformateurs laitiers doivent se conformer à une réglementation qui ne tolère aucune négligence tant au niveau de la composition que de la qualité microbiologique des produits transformés. De la ferme à la table du consommateur, le lait et les produits laitiers doivent répondre à des normes très sévères: pour respecter ces normes, il faut porter une attention particulière à plusieurs facteurs:

HYGIÈNE GÉNÉRALE

Les lieux de production, l'équipement de traite et le personnel doivent être d'une propreté générale qui prévienne la contamination du produit tant par

les bactéries que par les insectes, les poussières, les désinfectants, les antibiotiques et même l'eau.

La contamination microbiologique est sans contredit l'indice qui est le plus surveillé et il faut bien admettre qu'avec un lait trop contaminé au départ, il devient très difficile de rencontrer les critères d'excellence que s'est donné le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du concours du Lys d'Or. La pasteurisation ou la stérilisation du lait peuvent certes détruire une très grande proportion des contaminants bactériens mais elles ne peuvent améliorer le goût d'un produit déjà altéré.

SANTÉ DES ANIMAUX

Même si la propreté éloigne les contaminants, elle ne met pas nécessairement tous les animaux à l'abri de certains désordres ou maladies infectieuses. Les infections du pis sont sans contredit la maladie infectieuse la plus courante chez les vaches laitières: il en résulte une contamination du lait cru par des organismes considérés comme pathogènes, une élévation du compte leucocytaire au-dessus des limites tolérées et une diminution de la production (15).

D'autres contaminations microbiennes sont aussi très redoutées en industrie laitière: la présence de salmonelles ou de listeria dans un produit fini peut entraîner la fermeture d'une usine de transformation laitière pour une période plus ou moins prolongée. On sait que ces contaminants sont surtout associés aux sols et aux plantes. Les ensilages de mauvaise qualité sont aussi une source de contamination importante dans les troupeaux (12).

RÉFRIGÉRATION

Outre la stérilisation, un des moyens les plus simples et efficaces de contrôler la détérioration microbiologique d'un aliment est la réfrigération. En abaissant la température au voisinage du point de congélation, on ralentit considérablement l'activité et la multiplication des microorganismes (tableau 3) susceptibles de se multiplier dans le produit.

Même à 4° C, une certaine activité microbienne persiste et la qualité du produit continue à se détériorer par des activités enzymatiques qui attaquent les protéines et les matières grasses principalement. Les conséquences sur le produit fini peuvent être des défauts de saveur (rancidité, amertume) et des défauts physico-chimiques (instabilité à la chaleur, coagulation).

Tableau 3:
EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR LE TAUX DE MULTIPLICATION D'UNE BACTÉRIE PSYCHROTROPHE (d'après Giroux, 1984)

Température d'incubation (°C)	Temps de dédoublement (h)
32	0,5
27	1,0
21	1,5
16	2,5
10	5,0
4	12,0
0	38,0

TRAITEMENTS MÉCANIQUES

Les chocs et stress mécaniques que subit le lait lors de la traite, de l'entreposage et des transferts ont eux aussi un impact sur la qualité des produits transformés.

L'émulsion des matières grasses du lait peut être altérée par une agitation mécanique trop forte: cette action de barattage peut être responsable de la formation de grumaux (grains de beurre) et de l'activation de certaines enzymes (lipases) provoquant la rancidité du produit.

Le moussage du lait est l'indice d'un traitement mécanique exagéré et l'air qu'on incorpore ainsi au produit favorisera des réactions d'oxydation (8) de même que la dénaturation de certaines molécules (protéines solubles, vitamines).

DÉSINFECTANTS

Même à l'état de trace, la présence de désinfectants dans le lait peut avoir des conséquences désastreuses sur certaines étapes de transformation en usine et sur la qualité ultime du produit fini. L'eau de Javel (hypochlorite de sodium) et les produits à base d'iode peuvent entraîner des réactions d'oxydation sur les constituants même du lait (protéines et matières grasses en particulier); la saveur du produit en sera donc altérée (8).

De plus, des traces de ces substances auront un effet dramatique sur l'activité des ferments lactiques utilisés dans la production de fromage, de yogourt et de crème sûre avec, comme conséquences, des défauts de saveurs dans les produits finis ou encore la perte pure et simple du produit.

ANTIBIOTIQUES

La présence d'antibiotiques dans le lait est la pire calamité que puisse rencontrer un transformateur laitier. Non seulement ces substances ont-elles un effet fortement inhibiteur sur les bactéries lactiques utilisées dans la production de fromage, de yogourt et de crème sûre mais elles peuvent aussi provoquer des réactions très graves chez les individus reconnus comme hypersensibles à certains antibiotiques, la pénicilline en particulier.

Pratiquement toutes les industries laitières sont équipées d'instruments pour détecter la présence d'antibiotiques dans les laits qu'elles reçoivent, plus particulièrement pour la production de produits fermentés. Le test le plus communément utilisé est un test microbiologique (DELVO) qui permet d'obtenir une réponse en moins de 2 h. Il s'effectue actuellement beaucoup de recherches pour développer un test simple, rapide et sensible qui puisse être utilisé à la ferme; le tableau 4 résume les principaux tests disponibles actuellement sur le marché.

CONTAMINATION PAR CERTAINES BACTÉRIES

Outre les salmonelles et les listeria que redoutent particulièrement les transformateurs laitiers parce qu'elles sont des bactéries pathogènes, d'autres groupes bactériens sont tout aussi redoutés mais pour des raisons de qualité du produit.

Les thermoduriques (bactéries qui résistent à la pasteurisation) peuvent être responsables d'une détérioration accélérée de certains produits réfrigérés après pasteurisation de même que de certains fromages (cheddar, suisse, . . .).

Tableau 4:
PRINCIPAUX TESTS POUR LA DÉTECTION DES ANTIBIOTIQUES DANS LE LAIT (d'après le bulletin #220 de la Fédération Internationale de Laiterie, 1987)

Test	Principes	Seuil de détection (UI/ml)	Temps de réaction (h)
Delvotest	B. stearothermophilus	0,003	2-3
Disques	B. stearothermophilus	0,0025	2,5-5
Accusphere	S. thermophilus	0,02	4
Acidification	S. thermophilus	0,005	2,5
Bioluminescence	S. thermophilus	0,003	1
Yogourt	S. thermophilus + L. bulgaricus	0,002	2,5
Penzyme	enzymes	0,005	0,25
Charm	isotopes	0,002	0,17
Spot	immunochimie	0,005	0,07

Les coliformes peuvent provoquer le développement de gaz et de mauvaises saveurs dans les fromages par exemple. La pasteurisation les détruit généralement à condition qu'ils ne soient pas présents en trop grand nombre.

Les psychrotrophes sont des bactéries qui ont la propriété de se multiplier à basse température: elles sont reconnues pour produire de fortes quantités d'enzymes dont une certaine proportion peut résister à la pasteurisation et même à la stérilisation. Des comptes trop élevés en psychrotrophes peuvent donc avoir des conséquences néfastes sur la stabilité (coagulation des protéines) et la saveur (rancidité) des produits finis.

PRINCIPES ET TECHNIQUES DE TRANSFORMATION

Les transformateurs laitiers utilisent divers traitements pour favoriser la conservation et élargir la gamme des produits dérivés du lait. Certains traitements visent aussi à améliorer la valeur nutritive des produits.

CLARIFICATION

Le premier traitement que subit le lait en usine est une centrifugation ou une filtration qui permet de le débarrasser de toute matière étrangère en suspension qui aurait pu accidentellement le contaminer. Cette clarification s'effectue sur du lait froid.

VACRÉATION

Pour les produits laitiers vendus à l'état frais, on utilise généralement une chambre à vide pour les débarrasser de tout produit volatile qui pourrait en altérer la saveur. On sait en effet que le lait a tendance à capter facilement les odeurs.

STANDARDISATION

Pour les laits et crèmes fraîches de même que pour plusieurs autres produits transformés (laits concentrés, fromages, crèmes glacées, yogourts, . . .) il faut ajuster la teneur en matière grasse aux valeurs légales ou encore à celles spécifiées sur l'étiquette. Pour ce faire il faut écrémer partiellement le produit ou encore l'enrichir en matière grasse dans des proportions calculées.

Présentement la standardisation ne touche que la teneur en matières grasses des produits; on parle de plus en plus, tant au niveau national qu'international, de standardiser la teneur en protéines de plusieurs produits.

SUPPLÉMENTATION

En écrémant partiellement ou totalement le lait, on abaisse non seulement sa teneur en gras mais aussi sa teneur en vitamines solubles dans les matières grasses. Pour compenser ces pertes on enrichit les produits partiellement ou totalement écrémés en vitamines A et D.

Certains autres produits peuvent être ajoutés au lait pour en améliorer la valeur nutritive: ainsi l'enzyme lactase permet aux personnes reconnues comme « intolérantes au lactose » de pouvoir consommer du lait où le lactose a été hydrolysé en glucose et galactose, 2 sucres facilement assimilables par tous.

PASTEURISATION

La pasteurisation est un traitement de chaleur (72°C, 16 sec) qui permet de détruire toutes les bactéries pathogènes qui ne forment pas de spores. Ce traitement détruit aussi une foule de bactéries non pathogènes et permet ainsi de prolonger la vie de tablette (durée de conservation) du lait réfrigéré.

Tous les produits laitiers destinés à la consommation humaine doivent subir le traitement de pasteurisation. On ne tolère actuellement qu'une seule exception: le fromage cheddar de moyenne et longue conservation qui doit être entreposé au moins 60 jours avant d'être mis en vente.

STÉRILISATION

La stérilisation est un traitement de chaleur qui permet de détruire toutes les bactéries pathogènes, sporulées ou non sporulées présentes dans le lait. Ce traitement détruit aussi toutes les autres bactéries susceptibles de détériorer le lait au froid ou à température de la pièce.

Le lait UHT (143°C, 4 sec) et les laits condensés en boîte de conserve sont des exemples de laits stérilisés et peuvent être conservés à température de la pièce pour des périodes prolongées.

CONCENTRATION

Certains procédés de transformation tels que l'évaporation, l'osmose inverse et le séchage permettent de concentrer les solides du lait en vue d'une transformation ultérieure ou d'une conservation prolongée.

Par une déshydratation partielle ou totale, on réduit le volume des produits à manipuler et à stocker tout en ralentissant ou éliminant la prolifération bactérienne.

Il en coûte beaucoup moins cher (environ 10 fois) d'enlever de l'eau par évaporation ou osmose inverse que par séchage. C'est pourquoi ces procédés sont toujours utilisés en amont des tours de séchage.

ÉCRÉMAGE

Les globules de matières grasses peuvent être rapidement séparés du fait par l'action d'une force centrifuge, équivalant à plusieurs milliers de fois la force gravitationnelle, dans des appareils appelés séparateurs centrifuges.

L'ajustement de ces appareils permet d'obtenir des crèmes à diverses teneurs en matières grasses. Pour la fabrication de beurre par exemple, il faut une crème dosant au moins 35 à 40% de matières grasses.

BARATTAGE

Le barattage est un procédé d'agitation mécanique de la crème sous des conditions qui favorisent la formation de beurre par coalescence des globules de matières grasses.

Le liquide expulsé lors de la fabrication du beurre se nomme « babeurre » ou « petit-lait de beurre ». Sa composition est à peu près identique à celle du lait écrémé.

INOCULATION

Tous les produits laitiers fermentés nécessitent l'addition d'un ferment lactique ou autre au début ou en cours de fabrication. On prépare à cette fin des concentrés de bactéries ou de moisissures qui sont ajoutés sous des conditions rigoureusement contrôlées et dont l'activité est suivie avec grand soin.

La plupart des fromages nécessitent l'inoculation de bactéries lactiques; tout comme les yogourts, les crèmes sûres et les beurres de culture. Certains fromages comme les Brie, les Camembert et les Bleu requièrent une deuxième inoculation au moyen de moisissures.

ACIDIFICATION

Les bactéries lactiques inoculées dans le lait convertissent le lactose en acide lactique. Cette acidité développée est facilement dosée par simple titrage chimique et permet de suivre l'activité des bactéries tout au long de la fabrication du fromage, du yogourt ou de la crème sûre.

EMPRÉSURAGE

La coagulation du lait en vue d'une fabrication fromagère est généralement obtenue grâce à l'action d'une présure. Ce produit est essentiellement constitué d'enzymes et n'agit que sur les protéines du lait, plus particulièrement les caséines, qui constituent 75% de l'ensemble des protéines. La présure est ajoutée au lait environ une demi-heure après les bactéries lactiques.

CAILLAGE

De 20 à 30 minutes après l'addition de présure, le lait forme un caillé dont la texture n'est pas sans rappeler celle d'un « Jello » plus ou moins ferme.

COUPAGE OU DÉCAILLAGE

Pour accélérer la sortie du petit-lait de fromage (lactorésum) le caillé est coupé en petits cubes au moyen de fils d'acier inoxydable. Sous l'action combinée du ferment, de la présure et de la température, 80% à 90% du lactosérum est expulsé.

SALAGE

Que ce soit pour le beurre ou le fromage, l'addition de sel a pour but de relever le goût du produit et de prolonger sa durée de conservation: la plupart des bactéries sont inhibées en effet par de fortes concentrations en sel. La phase aqueuse du beurre salé contient environ 12% de sel alors que celle du fromage en contient de 6 à 10% selon les variétés.

Tous ces procédés et techniques classiques de transformation reposent sur un ensemble de principes relativement simples qui peuvent être résumés ainsi:

(a) destruction des bactéries par la chaleur:
- pasteurisation
- stérilisation

(b) conservation prolongée par déshydratation:
- osmose inversée
- évaporation
- séchage

(c) conservation prolongée par des basses températures:
- lait cru réfrigéré
- lait pasteurisé réfrigéré
- crème glacée (congélation)

(d) conservation prolongée par fermentation:
- yogourt
- crème sûre
- laits fermentés (babeurre, acidophile, kéfir. . .)

(e) conservation prolongée par une combinaison de procédés:
- fromage (fermentation, déshydratation, salage)
- beurre (déshydratation, salage)

La rentabilité des usines laitières spécialisées dans la fabrication d'un ou d'une combinaison de ces produits repose certes sur une gestion efficace de la main-d'oeuvre et des opérations mais aussi et surtout sur la qualité de la matière première.

Cette qualité sous-tend 3 aspects

(a) la conformité du lait à des normes microbiologiques minimales telles que fixées par le gouvernement. Ces normes touchent les bactéries totales, les bactéries résistant à la pasteurisation et les leucocytes (Tableau 5).

Tableau 5:
NORMES MICROBIOLOGIQUES POUR LES LAITS CRUS ET PASTEURISÉS. (d'après la loi sur les produits laitiers et leurs succédanés du Québec, 1988)

	Lait cru	**Lait pasteurisé**
Bactéries totales (l.c.)	≤ 100 000/ml	≤ 10 000/ml
bactéries totales (l.t.)	≤ 500 000/ml	—
cellules somatiques	≤ 750 000/ml	—

(l.c.): lait de consommation
(l.t.): lait de transformation

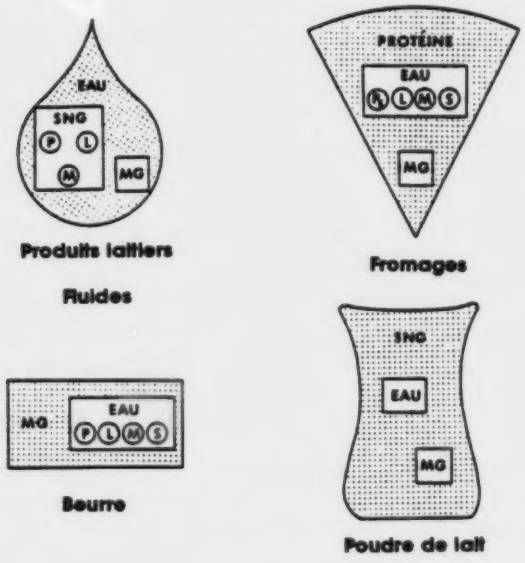
(b) l'intégrité physique et chimique du produit: il faut comprendre ici l'absence de résidus chimiques, de barattage et de mouillage.

(c) le paiement selon la valeur réelle du lait c'est-à-dire en fonction des composants requis pour l'obtention des produits finis; et j'ajouterais même en fonction aussi des coûts estimés pour la disposition des sous-produits

difficilement valorisables. (lactosérum, perméat de lactorésum, saumures...)

Les paramètres de rendement pour les principales catégories de produits laitiers conventionnels sont illustrés à la figure 3. Pour les laits frais et crèmes de consommation, ce sont surtout les volumes liquides et les teneurs en matières grasses qui importent. Pour les produits concentrés comme les laits évaporés, les poudres de lait et le beurre, ce sont surtout les teneurs en matières grasses et en solides non gras qui importent. Pour les fromages ce sont surtout les protéines et les matières grasses qui constituent l'essentiel de la masse du produit fini. tandis que pour les yogourts il faut compter sur les protéines, les solides non gras et les matières grasses pour bien contrôler la composition du produit fini.

Figure 3:
PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES 4 GRANDS GROUPES DE PRODUITS LAITIERS TRANSFORMÉS: MATIÈRES GRASSES (MG), SOLIDES NON GRAS (SNG), PROTÉINES (P), PROTÉINES SOLUBLES (PS), LACTOSE (L), MINÉRAUX (M), SEL (S).



CONCLUSION

Les transformateurs laitiers souhaitent, depuis plusieurs années, qu'une formule plus équitable de paiement du lait soit établie au Québec. Cette formule, à l'instar de celles qui existent dans plusieurs pays européens et quelques États américains, devrait tendre à valoriser tous les composants du lait.

Le groupe de recherche en économie et politiques agricoles (GREPA) de l'Université Laval s'est penché récemment sur le problème et a proposé lors du deuxième colloque sur l'économie laitière tenu en mars dernier à Québec, une formule de paiement du lait en fonction de ses composants. Cette formule prend en ligne de compte le taux de gras, de protéines et de lactose, autant pour le lait de consommation que pour le lait de transformation.

Un tel changement devrait corriger une partie de l'injustice faite aux producteurs laitiers dont les troupeaux donnaient des laits plus riches en protéines et solides non gras que la moyenne provinciale: il faut sous-entendre ici

la plupart des troupeaux autres que les Holstein. En corrigeant cette injustice, est-il possible qu'on en crée une nouvelle à l'égard des troupeaux de Holstein? Il semble que non s'il faut en croire 2 chercheurs américains (16) qui ont récemment publié une étude sur l'effet des modes de paiement du lait sur les coûts variables et le revenu par unité d'aliments: ces chercheurs concluent que les propriétaires de troupeaux autres que Holstein doivent produire entre 224 et 1539 kg de plus de lait (selon les divers scénarios de paiement envisagés) pour rattraper la rentabilité des troupeaux de Holstein.

Pour bien illustrer l'impact que peut avoir la base de paiement du lait sur le revenu du transformateur, utilisons un exemple comparant la performance de laits provenant de 3 troupeaux différents. Les tableaux 6 et 7 donnent la composition détaillée de chacun des laits et leur valeur commerciale calculée selon 2 formules de paiement: selon la première, basée sur le volume de lait et l'indice de gras, l'éleveur de Ayrshire recevrait 42,00 $/hL pour son produit comparativement à 40,50 $ pour l'éleveur de Holstein et 47,50 $ pour l'éleveur de Jersey. Selon la deuxième, inspirée d'une formule américaine rétribuant les matières solides non grasses, en plus du volume et des matières grasses, les mêmes producteurs recevraient respectivement 42,00 $, 40,50 $ et 49,33 $/hL de lait.

Tableau 6:
COMPOSITION TYPE DES LAITS PROVENANT DE 3 TROUPEAUX DE RACES DIFFÉRENTES

Race	Composition (%)			
	SNG[1]	protéines	Caséine[2]	MG[3]
Ayrshire	8,62	3,34	2,76	4,00
Holstein	8,54	3,11	2,56	3,70
Jersey	9,36	3,80	3,16	5,10

1 Solides non gras: constitués de lactose, protéines, minéraux.
2 Fraction majeure des protéines du lait impliquée dans la fabrication fromagère.
3 Matières grasses.

Tableau 7:
VALEUR COMMERCIALE DES LAITS DE 3 TROUPEAUX DE RACES DIFFÉRENTES TELLE QUE CALCULÉE D'APRÈS DEUX FORMULES DE PAIEMENT

Race	Formule de paiement ($)	
	Volume + MG[1]	Volume MG + SNG[2]
Ayrshire	42,00	42,00
Holstein	40,50	40,50
Jersey	47,50	49,33

1 Formule A: 40 $/hL± 0,50 par 0,1% de matière grasse au-dessus ou en-dessous de 3,60%.
2 Formule B: 40 $/hL± 0,50 par 0,1% de matière grasse au-dessus ou en-dessous de 3,60% ± 0,30 par 0,1% de matières solides non grasses au-dessus de 8,75%.

Pour un volume de production annuel d'environ 1200 hL le dernier producteur serait pénalisé d'environ 2200 $ par an (1200 × (49,33 – 47,50).

Qui donc bénéficie de ce manque à gagner? Certainement pas les 2 autres producteurs puisqu'ils reçoivent ce qui leur est dû selon la formule actuellement en vigueur. C'est plutôt le transformateur qui profite des avantages: un lait plus riche en protéines lui permet de fabriquer plus de fromages par hL et une teneur plus élevée en matières solides non grasses augmente ses rendements en poudre de lait.

Pour avoir une idée plus précise des avantages qu'en retire le transformateur, il nous faut connaître les rendements en poudre, beurre et fromage de chacun des laits. Le tableau 8 présente ces valeurs et confirme les rendements nettement supérieurs des laits plus riches en gras, en protéines et en solides non gras. Le tableau 9 permet de fixer ces avantages en dollars et en cents.

En comparant les données des tableaux 7 et 9, on peut établir le rapport revenu/coût pour chacun des produits manufacturés, selon l'un ou l'autre mode de paiement (tableau 10). Cette dernière compilation prouve bien la plus grande justice de la deuxième formule en ce qui regarde la rétribution du lait destiné à la fabrication de poudre et de beurre. Pour les fabrications fromagères, la formule de paiement aurait avantage à tenir compte de la composition en protéines (et plus précisément en caséine) des laits.

Tableau 8:
RENDEMENT EN FROMAGE[1], POUDRE DE LAIT[2] ET BEURRE[3] DES LAITS DE 3 TROUPEAUX DE RACES DIFFÉRENTES

	Rendements (kg/100 kg de lait)		
Race	**Fromage**	**Poudre**	**Beurre**
Ayrshire	11,04	8,98	4,88
Holstein	10,21	8,90	4,51
Jersey	13,50	9,75	6,22

1 Calculé selon la formule de Van Slyke pour le cheddar

$$Y = \frac{(0{,}93\,MG + Caséine - 0{,}1)\,1{,}09}{1 - 0{,}37}$$

2 Calculé à partir des SNG et en assumant une humidité résiduelle de 4% dans la poudre.
3 Calculé à partir de MG × 1,22.

Tableau 9:
REVENU COMPARATIF DU TRANSFORMATEUR POUR DIVERS PRODUITS TRANSFORMÉS À PARTIR DU LAIT PROVENANT DE 3 TROUPEAUX DE RACES DIFFÉRENTES

	Revenus ($/100 kg de lait)		
Race	**Fromage[1]**	**Poudre[2]**	**Beurre[3]**
Ayrshire	60,72	25,59	24,40
Holstein	56,16	25,37	22,55
Jersey	74,25	27,79	31,11

1 En assumant un prix de 3,50 $/kg
2 En assumant un prix de 2,85 $/kg
3 En assumant un prix de 5,00 $/kg

Tableau 10:
RAPPORT REVENU (produits transformés)/COÛT (matière première) POUR LE TRANSFORMATEUR UTILISANT LE LAIT DE 3 TROUPEAUX DE RACES DIFFÉRENTES

	Rapport revenu/coût			
Race	**Fromage**		**Poudre - beurre**	
	A[1]	**B[1]**	**A[1]**	**B[1]**
Ayrshire	1,64	1,64	1,35	1,35
Holstein	1,58	1,58	1,35	1,35
Jersey	1,74	1,67	1,39	1,33

1 cf. Tableau 7 pour les détails de calcul des formules A et B.

Les progrès majeurs accomplis depuis les 30 dernières années dans l'analyse rapide et automatisée des principaux constituants du lait (par spectrométrie à l'infrarouge) et la mise au point de nouvelles technologies de fractionnement (ultrafiltration, osmose inverse, électrodialyse...) incitent de plus en plus d'intervenants à revoir les principes de base du paiement du lait. La formule actuellement en vigueur donne une fausse image de la valeur réelle du produit parce qu'elle ne touche que 2 constituants majeurs: l'eau (volume liquide) et les matières grasses.

Puisque l'intérêt du consommateur se déplace vers des produits moins riches en gras et plus concentrés en éléments nutritifs (laits dégraissés enrichis en matières solides non grasses, fromages, yogourts...) et que le transformateur cherche une plus haute valorisation de la matière première par des fabrications fromagères et le fractionnement protéique, il devient de plus en plus urgent de réajuster la formule de paiement pour que **LE PRIX PAYÉ CORRESPONDE À LA VALEUR TOTALE ET RÉELLE DU PRODUIT**.

RÉFÉRENCES

1. **AMIOT, J.** (1984). Valeur nutritive du lait et des produits laitiers. In: Science et Technologie du Lait, Fondat. Technol. Laitière du Québec Inc., P.U.L. P. 54-74.
2. **DESRANLEAU, N.** (1987). Du gras dans la ration, un coup de pouce pour les hautes productrices. **Le producteur de lait québécois** 8 (2): 53-55.
3. **DUMAIS, R.** (1958). Production du lait. In: Manuel de technologie laitière. Ass. Techniciens en Ind. Laitière, Inc. p. 95.
4. **GIROUX, R.N.** (1984). Production et collecte du lait. In: Science et Technologie du Lait, Fondat. Technol. Laitière du Québec Inc., P.U.L. p. 108-121.
5. **GOULET, J.** (1987). L'acidité naturelle du lait. Le producteur de lait québécois. 7 (9): 10-11.
6. **GOULET, J.** (1987). L'acidité développée. Le producteur de lait québécois, 7 (10): 17.
7. **HARRIS, R.S.** et **E. KARMAS** (1977). Nutritional Evaluation of Food Processing AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., 929 pp.
8. **LAVOIE, M.** (1988). Saveur oxydée, ennemie redoutable du lait. Le producteur de lait québécois 8 (6): 14-16.
9. **LEBEL, C.** (1988). Tensions, Attention! Le producteur de lait québécois 8 (5): 16-17.
10. **LÉONARD, M.** (1986). Une étude significative. Le producteur de lait québécois, 7 (3): 35-38.
11. **MARZIALI, A.S.** et **K.F. NG-KWAI-HANG** (1986). Effects of milk composition and genetic polymorphism on cheese composition. J. Dairy Sci. 69: 2533.
12. **PRENTICE, G.A.** and **NEAVES, P.** (1988). Listeria monocytogenes in food: its significance and methods for its detection. Bulletin de la FIL, no 223, 16 pp.
13. **RÉGIE DES MARCHÉS AGRICOLES** (1979). Loi, règlements et ordonnances sur les produits laitiers et leurs succédanés. Éditeur officiel du Québec, p. 30/1.
14. **RIEL, R.** (1984). Composition et structure physico-chimique du lait. In: Science et Technologie du Lait, Fondat. Technol. Laitière du Québec Inc., P.U.L. p. 1-53.
15. **SAVARIA, R.** (1987). Combien vous coûte la mammite? Le producteur de lait québécois, 7 (5): 26-27.
16. **SCHMIDT, G.H.** et **D.E. PRITCHARD** (1988). Effect of milk Pricing Systems on Income over Feed and Variable Costs of Dairy Cattle Breeds. J. Dairy Sci. 71: 1097-1103.
17. **SOMMER, E.M.** (1938). Market Milk and Related Products. Madison, Wisconsin.
18. **WEBB, B.H., JOHNSON, A.H.** et **J.A. ALFORD** (1980). Fundamentals of Dairy Chemistry AVI Publ. Co. Inc., Westport, Conn., 929 pp.

LES ANALYSES DE FOURRAGES: PUIS-JE M'EN PASSER?

Bertrand Farmer,
Louis A. Bolduc,
Jean Brisson,
Robert Châteauneuf,
André Hamelin,
Michel Jetté,
Richard Poulin.

INTRODUCTION

Le coût de l'alimentation dans une entreprise laitière représente une part très importante du coût total de production (3). La base de l'alimentation des ruminants, et plus particulièrement des bovins laitiers, repose sur des fourrages.

Avant même de sevrer une génisse, il est recommandé de servir un fourrage de texture grossière de façon à favoriser le développement de la musculature du rumen. Dès l'âge de 8 mois, les fourrages représentent 50% de la ration totale d'une génisse. Des taures saillies de 20 mois peuvent s'alimenter presque totalement de fourrages complémentés d'un léger apport de minéraux et vitamines. Il va de soi que plus la valeur nutritive des fourrages est élevée, plus il sera possible de maximiser leur utilisation.

L'alimentation d'une vache tarie (début tarissement) se compose ou devrait se composer totalement de fourrages. Les fourrages représentent une part très importante de l'alimentation des vaches en lactation malgré les exigences nutritives très élevées d'une vache en début de lactation. Au Québec en 1986, l'apport énergétique provenant des fourrages était de plus de 60% en moyenne pour une lactation (P.A.T.L.Q. Rapport sommaire 1986).

Au cours des dernières années, le niveau de production laitière de nos vaches a augmenté considérablement (tableau 1).

Tableau 1:
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION LAITIÈRE DES TROUPEAUX INSCRITS AU P.A.T.L.Q. OFFICIEL.

Année	Nombre de troupeaux	Production en lait kg/lactation	
1974	172	4 932	
1976	448	5 347	−415
1978	670	5 755	−408
1980	873	6 061	−306
1982	1 041	6 292	−231
1984	1 081	6 519	−227
1986	1 332	7 060	−541
1987	1 473	7 218	−158

Rapport sommaire PATLQ 1974-87

Il est estimé que la génétique est responsable de 30% de l'augmentation du niveau de la production laitière au cours des 25 dernières années (13).

L'utilisation des concentrés dans l'alimentation des vaches « fortes productrices » devient sans cesse grandissante. On en est même à penser que les fourrages sont synonymes de non-digestibilité ou même nuisibles à la vache laitière!

Avons-nous oublié que les concentrés ne sont que des compléments aux fourrages?

Faut-il se rappeler que les fourrages sont essentiels au bon fonctionnement du rumen, que les fourrages stimulent la salivation, la rumination?

Faut-il se rappeler que les bovins laitiers sont des ruminants?

Avons-nous oublié les avantages uniques d'un fourrage de qualité pour l'alimentation des bovins laitiers?

Sans fourrages de qualité, peut-on vraiment faire ressortir le potentiel génétique de nos bovins laitiers? Sans mettre en péril la santé de l'animal! Sans parler du coût exagéré de l'alimentation!

Connaissons-nous vraiment la valeur nutritive des fourrages?

Peut-on établir un programme alimentaire sans analyses de fourrages?

Cette conférence a donc pour but de mettre en relief les différents critères permettant une utilisation rationnelle des fourrages. Cette conférence se veut un retour à la base. Une emphase particulière sera mise sur l'aspect économique de la qualité des fourrages.

Le plan de travail sera le suivant:

INTRODUCTION

— Importance des productions fourragères au Québec
— Aspect nutritionnel des fourrages
— Évolution de la qualité des fourrages au Québec

I- ÉCHANTILLONNAGE REPRÉSENTATIF DES FOURRAGES

II- ANALYSE EN LABORATOIRE

— Introduction
— Analyse chimique des fourrages
— Spectroscopie de réflexion dans le proche infra-rouge (NIRS)

III- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS D'ANALYSES DE FOURRAGES

— Impact économique de la qualité des fourrages

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

BIBLIOGRAPHIE

IMPORTANCE DES PRODUCTIONS FOURRAGÈRES AU QUÉBEC

Quand se produit une panne d'électricité, nous nous faisons souvent la réflexion: « Qu'est-ce qu'on ferait sans électricité? »

Nous prenons conscience de la valeur des choses quand elles ne sont plus là. De même en est-il des fourrages sur nos fermes québécoises. Le bureau de la statistique du Québec estimait que la production de foin cultivé (foin et ensilage de foin) s'élevait à 5 300 000 t en 1985, et la production d'ensilage

de maïs à 2 900 000 t (Tableau 2). A 76 $/t pour le foin et 22 $ pour l'ensilage de maïs, les fourrages produits au Québec représenteraient une valeur de 466 600 000 $/an, tout ça sans tenir compte de la valeur des pâturages (Tableau 3). **Peut-on encore prétendre que les fourrages ne sont pas importants, que c'est un mal nécessaire?**

Tableau 2:
ESTIMATION DE LA SUPERFICIE, DE LA PRODUCTION ET DE LA VALEUR DU FOIN CULTIVÉ ET DU MAÏS FOURRAGER

	Foin cultivé			
Année	Superficie ('000/ha)	Production totale (t)	Prix moyen à la ferme ($/t)	Valeur totale ('000 $)
1979	1 028,9	4 994 500	40,98	204 675
1982	967,0	4 300 000	58,42	251 217
1985	1 000,0	5 300 000	N/D	N/D

	Maïs fourrager			
Année	Superficie ('000/ha)	Production totale (t)	Prix moyen à la ferme ($/t)	Valeur totale ('000 $)
1979	91,1	3 035 400	11,2	33 450
1982	87,0	2 500 000	N/D	N/D
1985	83,0.	2 900 000	N/D	N/D

Source: Bureau de la Statistique du Québec, 1986

Tableau 3:
ESTIMATION DE LA SUPERFICIE EN FOIN CULTIVÉ ET EN PÂTURAGE ('000 ha)

	Foin cultivé	Pâturage
1982	967	441
1985	1 000	420

Source: Bureau de la Statistique du Québec, 1986

Tous les fourrages produits au Québec ne servent pas qu'à alimenter des vaches laitières. Il y a les génisses laitières, les vaches de boucherie, les bouvillons, les moutons, les chèvres, etc. (Tableau 4) Si on regarde plus précisément la situation chez les bovins laitiers, on estime qu'une vache consomme 5 t de foin par an (ou équivalent foin). De même, une taure, dans nos conditions actuelles d'élevage, consomme environ 5 t de foin pour la durée de la période d'élevage.

Tableau 4:
NOMBRE DE VACHES LAITIÈRES ET DE GÉNISSES LAITIÈRES SUR LES FERMES DU QUÉBEC

	1986	1987	Changement
Vaches laitières	570 000	555 000	−15 000
Génisses laitières	260 000	252 000	− 8 000

Source: Statistique Canada, Division de l'Agriculture, Sept. '87

Notre cheptel laitier consomme donc (tableau 5) plus de 4 millions de tonnes de fourrages (e.g. foin), pour un coût estimé supérieur à 300 millions $ par an. Or, le Québec a produit en 1986, 28,75 millions d'hectolitres de lait. (Rapport Annuel de la Fédération des Producteurs de lait du Québec, 1986). Les fourrages coûteraient donc entre 10 $ et 11 $/hl au producteur qui fait de l'élevage, et autour de 7,50 $/hl à celui qui n'en fait pas.

Tableau 5:
ESTIMATION DE L'UTILISATION DES FOURRAGES
PAR LES BOVINS LAITIERS AU QUÉBEC (tonnes eq. foin)

	1986	1987	Diff.
Vaches laitières	2 850 000	2 775 000	– 75 000
Génisses laitières	1 300 000	1 260 000	– 40 000
Total	4 150 000	4 035 000	–115 000

Trois cents millions $ pour tout le bétail laitier québécois, c'est beaucoup. La ferme moyenne qui produit 171 016 L de lait (Rapport Annuel de la Fédération des Producteurs de lait du Québec, 1986) avec 34 vaches et 15 taures, utilise 245 t/an d'équivalent-foin. À 76 $/t, cela représente un coût de 18 620 $/année, de 12 920 $ seulement pour les vaches.

Est-ce suffisant pour vous convaincre que les fourrages, c'est une ressource négligée sur nos fermes au Québec, compte tenu de son importance?

Trois cents millions $, ça surprend! Est-ce exagéré? démesuré? Quelles sont les ressources nécessaires à la production de fourrages? Il y a le fond de terre, les engrais, les semences, le tracteur, la charrue, la presse à foin, la fourragère, etc. Reste maintenant à entreposer ces fourrages. Il nous faut une grange à foin, des séchoirs, un silo, de la main-d'oeuvre, etc. Comprenez-vous d'où vient le 300 millions $?. Il est évident que le 76 $/t d'équivalent-foin va varier selon le volume de fourrage utilisé, le système fourrage adopté, les investissements en machinerie, en bâtiments et en équipement.

Le Comité de références économiques en agriculture du Québec (juin 1987) estimait que la tonne d'équivalent-foin pour un volume de 230 t coûtait entre 46 $ et 90 $ en main-d'oeuvre, machinerie, bâtisses et équipement. À ce coût, il faut rajouter fond de terre, engrais, semences, etc. Les fourrages, c'est une ressource très importante sur la ferme laitière du Québec.

ASPECT NUTRITIONNEL DES FOURRAGES

Connaissant maintenant l'importance des productions fourragères au Québec, penchons-nous sur l'aspect nutritionnel des fourrages.

La ration de base des vaches laitières se doit d'être des fourrages et n'oublions pas que ce concept est toujours vrai même pour la « forte productrice ». Toute alimentation rationnelle des bovins laitiers repose sur un régime équilibré. Ainsi, un complément de protéine, d'énergie, de minéraux et de vitamines est nécessaire selon les besoins de l'animal et selon la qualité des fourrages utilisés.

C'est pourquoi, un producteur qui veut minimiser le coût des concentrés, et par le fait même minimiser le coût de l'alimentation de son troupeau, se doit de produire, récolter et entreposer des fourrages de qualité (l'aspect production, récolte et entreposage fait l'objet d'une autre conférence de ce symposium 1988).

Étant donné que la qualité des fourrages (valeur nutritive) est très variable en comparaison aux concentrés (12) et puisque la qualité des fourrages est un facteur déterminant dans le coût de production d'un hectolitre de lait (27), il est essentiel d'évaluer de façon précise leur « apport nutritif ».

Avant même d'établir la procédure à suivre pour ce qui est de l'échantillonnage (partie I), de l'analyse en laboratoire (partie II) et de l'interprétation

des résultats (partie III), je crois fort utile de définir le mot « fourrage » et d'expliquer ce que signifie « fourrage de qualité ».

Un fourrage est défini comme une substance végétale sous forme fraîche ou verte, séchée ou ensilée contenant plus de 18% de fibre brute sur une base sèche (16).

Cette définition très générale identifie les différents aliments suivants: le foin, l'ensilage d'herbe, l'ensilage de céréales, l'ensilage de maïs, les pailles et écales de différentes céréales, etc.

Une définition plus simple, mais considérant le rôle premier des fourrages, est la suivante: substance végétale capable de provoquer la rumination chez les bovins. Selon cette définition, des aliments tels qu'un ensilage de maïs haché finement, un foin de luzerne dont la teneur en fibre ADF (fibre par détergent acide) est de 25% ne peuvent pas être considérés à titre de fourrages.

C'est pourquoi, les fourrages ont pour rôle d'apporter des nutriments à la vache mais aussi et essentiellement d'apporter une source de fibre longue et effective qui permettra un milieu optimum pour la microflore du rumen (32, 52).

Quelles sont maintenant les caractéristiques importantes d'un fourrage de qualité?

Différents facteurs expliquent le degré de variation de l'analyse nutritive des fourrages: l'espèce végétale (graminées vs légumineuses), la fertilisation minérale, le stade de maturité à la récolte, les conditions climatiques, les méthodes de récolte et de conservation, etc.

Le choix de l'espèce végétale et des techniques de récolte et de conservation sont spécifiques à chaque entreprise selon les ressources disponibles et les objectifs personnels.

Il existe cependant un facteur qui se doit d'être unanime pour tous: le stade de maturité à la récolte.

C'est pourquoi un fourrage de qualité est associé à un fourrage récolté jeune ou un stade de maturité peu avancé. Ainsi, plus un fourrage (graminées et/ou légumineuses) est récolté jeune, plus il est riche en éléments nutritifs digestibles. Les tableaux 6 et 7 illustrent la valeur nutritive d'un fourrage de graminées et légumineuses en fonction de la maturité. Une interprétation des données de ces tableaux vous est fournie plus loin dans ce texte.

Tableau 6:
VALEUR NUTRITIVE DU FOURRAGE DE GRAMINÉES EN FONCTION DE LA MATURITÉ

Maturité et classification	Composition chimique typique base 100% M.S.				
	PB (%)	Ligno-cellulose (%) (ADF)	Parois cellulaires (%) (NDF)	ENI Mcal/kg	Consommation volontaire kg MS./100 kg p.v.
1. Avant épiaison (50% de feuilles)	>18	<33	<55	1,40	>2,2
2. Début épiaison (40% de feuilles)	13-18	33-38	55-60	1,20-1,40	2,0-2,2
3. Épiaison (30% de feuilles)	8-12	39-41	61-65	1,05-1,20	1,8-2,2
4. Après épiaison (20% de feuilles)	<8	>41	>65	<1,05	<1,8

PB: Protéine brute
ADF: Fibre par détergent acide
NDF: Fibre par détergent neutre
ENI: Énergie nette de lactation

Bovins Laitiers, Agdex 410, 1987, p. 132

Tableau 7:
VALEUR NUTRITIVE DU FOURRAGE DE LÉGUMINEUSES EN FONCTION DE LA MATURITÉ

Maturité et classification	Composition chimique typique base 100% M.S.				
	PB (%)	Lignocellulose (%) (ADF)	Parois cellulaires (%) (NDF)	ENI Mcal/kg	Consommation volontaire kg M.S./100 kg p.v.
1. Pré-floraison (40-50% de feuilles)	>19	<31	<40	1,40	>2,5
2. Début-floraison (35-45% de feuilles)	17-19	31-35	40-46	1,30-1,40	2,3-2,5
3. Milieu-floraison (25-40% de feuilles)	13-16	36-41	47-51	1,15-1,30	2,1-2,3
4. Pleine floraison (moins de 30% de feuilles)	<13	>41	>51	<1,15	<2,1

PB: Protéine brute
ADF: Fibre par détergent acide
NDF: Fibre par détergent neutre
ENI: Énergie nette de lactation

Bovins Laitiers, Agdex 410, 1987, p. 132

Aussi, plus un fourrage est récolté jeune, plus l'ingestion volontaire de matière sèche de ce fourrage par une vache sera élevée (54). Le tableau 6 illustre aussi ce phénomène.

Le potentiel de production d'un fourrage repose en grande partie (50-75%) sur l'ingestion volontaire de la matière sèche (33). **Comment se fait-il que des vaches dans plusieurs troupeaux au Québec consomment encore aussi peu que 1,5% de leur poids vif en matière sèche provenant des fourrages? Est-ce la qualité des fourrages qui fait défaut? Peut-être avons-nous peur de maximiser l'utilisation des fourrages de haute qualité?**

Une expérience de Kawas et al. 1983 (24) met en relief le potentiel de production de fourrages de qualité (Tableau 8). À noter que le fourrage récolté en pleine floraison, même si complémenté d'une proportion élevée de concentrés n'a pu soutenir une production de lait aussi élevée qu'avec le fourrage récolté en pré-floraison. De plus, cette expérience démontre que des fourrages de qualité (légumineuses en pré-floraison) peuvent être consommés en très grandes quantités et permettre une production de lait aussi élevée que 36 kg de lait/jour avec aussi peu que 20% de concentrés sur une base sèche. Dans cet exemple, les vaches ont consommé près de 18 kg de matière sèche en fourrages. **Est-il permis de croire qu'une vache puisse ingérer près de 3% de son poids vif en fourrages?**

Tableau 8:
INFLUENCE DU STADE DE MATURITÉ DE LA LUZERNE ET DE LA PROPORTION DE MOULÉE DE LA RATION SUR LA CONSOMMATION TOTALE DE MATIÈRE SÈCHE ET LA PRODUCTION DE LAIT DES VACHES

Stade de maturité	% de moulée dans la ration			
	71	54	37	20
Consommation journalière de matière sèche (ration totale — kg)				
1. Pré-floraison	25,5	25,1	22,7	22,4
2. Début-floraison	21,2	21,6	19,3	19,4
3. Milieu-floraison	22,9	21,4	19,7	16,7
4. Pleine-floraison	24,5	23,5	21,4	18,4
Production journalière de lait à 4% de matière grasse (kg)				
1. Pré-floraison	39,1	39,6	37,8	36,2
2. Début-floraison	35,1	35,1	31,4	30,9
3. Milieu-floraison	29,4	30,1	28,4	26,0
4. Pleine-floraison	31,6	29,4	25,2	23,7

Kawas et al. 1983

ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DES FOURRAGES AU QUÉBEC

Maintenant que nous connaissons les avantages marqués d'un fourrage de qualité, examinons ensemble les résultats d'analyses nutritives de fourrages produits au Québec au cours des dernières années.

Pour ne pas multiplier inutilement le nombre de tableaux, nous avons utilisé les données des laboratoires du MAPAQ de 1984 à 1987. Aussi nous avons groupé les fourrages (foins et ensilages d'herbe) selon les 3 catégories suivantes.

— 70-100% graminées (prédominance de graminées)
— 31- 69% graminées (mélange de graminées et légumineuses)
— 0- 30% graminées (prédominance de légumineuses)

Le numéro de coupe n'a pas été un critère de classification. Les résultats d'analyse de ces fourrages sont présentés en annexe à la fin de cette conférence (Annexes 1 à 7).

De façon à visualiser l'évolution de la qualité des fourrages au Québec, le tableau 9 vous révèle la moyenne pondérée (selon le nombre d'échantillons) des analyses de tous les fourrages reçus au MAPAQ de 1984 à 1987. Ces résultats sont donc un reflet de la qualité des fourrages produits au Québec.

Tableau 9:
MOYENNE PONDÉRÉE DES ANALYSES DE FOURRAGES (MAPAQ) DE 1984 À 1987

FOURRAGES (foins et ensilages d'herbes)

Année	Nombre d'échantillons	Moyenne (100% M.S.)		
		PB %	ADF %	ENI Mcal/kg
1987	23 389	13,8	38,0	1,20
1986	26 607	13,8	37,4	1,23
1985	23 240	13,4	38,3	1,19
1984	23 308	13,4	38,8	1,18

Que devons-nous retenir de ce tableau?

La valeur nutritive des fourrages (représentée par la protéine brute et l'ADF) n'a connu qu'une très légère augmentation au cours des 4 dernières années. Il est évident qu'un bon bout de chemin a été parcouru depuis l'opération luzerne de 1973-1978. Cependant, il est difficile de justifier un arrêt de croissance ou plateau au niveau de la qualité des fourrages depuis 1984. **Avons-nous oublié l'importance des fourrages de qualité?**

Les tableaux 10 et 11 montrent maintenant la moyenne pondérée des analyses de fourrages (foins et ensilages d'herbe) à prédominance de graminées et à prédominance de légumineuses.

Comme il se doit, les teneurs en protéine et en calcium des fourrages de légumineuses sont plus élevées que celles des graminées.

La teneur en ADF des fourrages est un indice de leur contenu énergétique ou digestibilité. Ainsi, le contenu énergétique du fourrage de légumineuses est en moyenne 0,10 Mcal/kg plus élevé que celui des graminées.

Ne serait-il pas raisonnable d'avoir comme objectif dans les années à venir d'abaisser le taux moyen d'ADF de nos fourrages à moins de 35% sachant qu'il était de 38% en 1987?

Tableau 10:
MOYENNE PONDÉRÉE DES ANALYSES DE FOURRAGES (foins et ensilages d'herbe) À PRÉDOMINANCE DE GRAMINÉES AU MAPAQ DE 1984 à 1987

FOURRAGES DE GRAMINÉES

Année	Nombre d'échantillons	Moyenne (100% M.S.)					
		PB %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENI Mcal/kg
1987	10 365	12,6	0,62	0,25	0,17	38,6	1,16
1986	10 642	12,3	0,65	0,25	0,17	37,6	1,22
1985	9 581	11,7	0,64	0,24	0,17	39,3	1,13
1984	9 947	11,7	0,65	0,25	0,17	39,5	1,12

Tableau 11:
MOYENNE PONDÉRÉE DES ANALYSES DE FOURRAGES (foins et ensilages d'herbe) DE LÉGUMINEUSES AU MAPAQ DE 1984 à 1987

FOURRAGES DE LÉGUMINEUSES

Année	Nombre d'échantillons	Moyenne (100% M.S.)					
		PB %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENI Mcal/kg
1987	4 737	15,9	1.01	0,27	0,21	36,9	1,25
1986	5 343	16,1	1,02	0,28	0,21	36,7	1,26
1985	6 318	16,1	1,11	0,26	0,22	36,7	1,26
1984	6 420	16,1	1,07	0,28	0,22	37,6	1,24

Ceci dit, avons-nous oublié que les fourrages de graminées peuvent aussi apporter des éléments nutritifs digestibles? N'est-il pas utile d'avoir un fourrage de graminées de qualité pour équilibrer un programme alimentaire pour ruminants? Pourtant, certains s'interrogent sur la possibilité d'un niveau énergétique supérieur à 1,40 Mcal/kg de matière sèche pour des graminées (9).

Avant de terminer cette partie, je me dois de citer des paroles de M. Maurice Hardy au Symposium sur les plantes fourragères en 1986 dans une conférence intitulée: À la poursuite de la qualité.

« Les productions herbagères ne sont pas et ne seront certainement pas abandonnées chez nous; elles sont trop naturelles. Nous sommes dans un pays de verdure. Dans nos régions moins favorisées par le climat, les herbages demeurent la production la plus profitable au développement des élevages. Nous avons les techniques, nous avons les sols, nous avons les plantes pour que prairies et pâturages fournissent aux producteurs la qualité et les rendements nécessaires au développement de productions animales rentables. »

ÉCHANTILLONNAGE REPRÉSENTATIF DES FOURRAGES

La valeur nutritive des aliments peut être très variable, particulièrement pour ce qui est des fourrages. Des facteurs tels que l'espèce végétale, la fertilisation minérale, le stade de maturité, les conditions climatiques, etc. expliquent en grande partie cette situation. De plus, la qualité des fourrages est un facteur déterminant dans le coût de production d'un hectolitre de lait.

Connaître de façon précise la valeur nutritive des fourrages est essentiel à l'équilibre d'une ration selon les exigences (entretien, croissance, gestation,

production) des bovins laitiers. Sous-estimer ou surestimer la valeur nutritive des fourrages est non seulement une question d'économie mais une question de régie pouvant mener à des baisses de production, de performance reproductive, de santé, etc.

L'analyse en laboratoire (composition chimique) est une façon précise nous permettant d'évaluer la valeur nutritive d'un fourrage. Il faut cependant réaliser que la composition chimique reflète la valeur nutritive du fourrage prélevé. En d'autres mots, la précision des résultats de l'analyse des fourrages dépend en très grande partie de l'échantillonnage réalisé. La marge d'erreur à la ferme est immense comparativement à la marge d'erreur réalisée en laboratoire. Il faut imaginer que moins de 1kg d'aliment devra être représentatif de quantités importantes de fourrages.

Pour faciliter l'échantillonnage et aussi maximiser les ressources, une entreprise se doit de considérer les points suivants:

— Dans le cas du foin:
  — Établir les lots de foins de la façon la plus homogène possible. Au minimum, il est nécessaire de séparer un foin de 1ère et de 2e coupe et un foin à prédominance de légumineuses d'un foin à prédominance de graminées. **Il n'est pas nécessaire d'avoir 8 sortes de foin!**

— Dans le cas des ensilages:
  — Établir des masses d'ensilage de la façon la plus homogène possible. Il est possible et essentiel de mettre en pratique cette recommandation. Les catégories proposées pour le foin sont aussi valables pour les ensilages. **Vous vous devez de réaliser qu'il est impossible d'équilibrer une ration pour bovins laitiers lorsque la ration de base change à toutes les semaines d'une graminée pure à une légumineuse pure!**

Cette prise de décision doit donc se faire au moment de la récolte et de l'entreposage. Une fois accomplie, il vous sera beaucoup plus facile d'échantillonner vos fourrages de façon représentative. **S'il vous est impossible de répondre à ce premier critère, il vous est peut-être déjà inutile de prélever des échantillons!**

Voyons maintenant les standards établis quant aux techniques d'échantillonnage:

En premier lieu, il est primordial que le producteur prélève lui-même ou, au moins, participe à l'échantillonnage des fourrages. C'est sans doute une des journées les plus « payantes » de l'année!

Pour ce qui est des foins:

A- De façon à refléter adéquatement un lot de foin donné, l'échantillon prélevé **doit** provenir d'au moins 10 balles différentes suffisamment distancées ou préalablement mises de côté. Cette recommandation vous fait sursauter! Une publication du Hoard's Dairyman (18) recommande que l'échantillon prélevé provienne d'un minimum de 15 balles. Cette recommandation vous apparaît théorique!

Les résultats d'une étude du sous-comité de méthodologie nutrition du CPAQ seront publiés au cours de l'automne 1988. Des résultats préliminaires démontrent qu'un échantillon provenant de seulement 4 balles ne donne pas une image représentative d'un lot de foin donné. Les tableaux 12 et 13 montrent les résultats de 4 échantillons prélevés d'un même lot de foin et provenant de 4 balles différentes.

Tableau 12:
RÉSULTATS D'ANALYSE DE 4 ÉCHANTILLONS
PRÉLEVÉS D'UN MÊME LOT DE FOIN A (4 balles/échantillon)

	1	2	3	4
PB (%)	11,3	11,1	13,4	10,8
ADF (%)	38,3	38,5	38,6	38,9
Ca (%)	0,54	0,53	0,52	0,46
P (%)	0,31	0,29	0,35	0,32
Mg (%)	0,13	0,14	0,13	0,13

Tableau 13:
RÉSULTATS D'ANALYSE DE 4 ÉCHANTILLONS
PRÉLEVÉS D'UN MÊME LOT DE FOIN B (4 balles/échantillon)

	1	2	3	4
PB (%)	11,6	11,2	11,6	11,5
ADF (%)	36,4	37,2	33,1	32,7
Ca (%)	1,10	0,71	0,86	0,75
P (%)	0,23	0,21	0,25	0,20
Mg (%)	0,19	0,14	0,15	0,14

Le tableau 14 montre la différence entre des échantillons prélevés d'un même lot de foin et provenant de 12 balles vs une balle. Les coefficients de variation de la protéine et de l'ADF montrent qu'un échantillonnage avec 12 balles est 2,5 fois plus précis qu'avec 1 balle. En d'autres mots, il est possible par un échantillonnage sérieux, de minimiser les erreurs d'échantillonnage.

Tableau 14:
COEFFICIENT DE VARIATION DE LA PROTÉINE BRUTE
ET DE L'ADF D'ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS D'UN MÊME LOT DE FOIN
ET PROVENANT DE 12 BALLES VS 1 BALLE

	Coefficients de variation (%)	
	PB	ADF
1 balle	11,8	6,2
12 balles	4,6	2,3

Quelle conclusion peut-on tirer de ces tableaux? Un échantillonnage mal réalisé peut entraîner des erreurs aussi grandes que l'utilisation de tables de valeurs moyennes. En regardant les résultats des tableaux 12 et 13, on pourrait prétendre à tort que l'erreur s'est produite au laboratoire!

B- Il est indispensable de se servir d'une sonde à foin pour prélever un échantillon de foin. Il est recommandé de remplacer, lorsque nécessaire, le couteau de la sonde pour faciliter et s'assurer une prise d'échantillon adéquate. L'échantillonnage devrait se faire immédiatement à la récolte de façon à obtenir les résultats dans le plus court délai possible. Les échantillons prélevés à la récolte devraient être expédiés au laboratoire **le plus tôt possible** ou congelés de façon à prévenir les moisissures (même pour un foin). Les sacs utilisés doivent être assez grands pour contenir l'échantillon prélevé sur un minimum de 10 balles (environ 250g). L'identification de l'échantillon devrait se faire au moment même du prélèvement de façon à minimiser les erreurs. En relation à l'identification, les points suivants sont essentiels:

— pourcentage de légumineuses et de graminées
— date de coupe (stade de maturité).

Pour ce qui est des ensilages:

A- Les ensilages devraient être échantillonnés à la récolte de façon à obtenir les résultats dans le plus court délai possible et aussi pour ne pas oublier! De plus, la fermentation affecte peu la composition chimique des ensilages entreposés dans de bonnes conditions. Les critères de réussite d'un bon ensilage ont été présentés dans une conférence du Symposium Bovins Laitiers 1983 (10). Dans les cas d'ensilages trop humides qui ont subi des pertes par écoulement et dans les cas d'ensilages trop secs où un chauffage excessif était observé (caramélisation), il est essentiel de prélever un échantillon à nouveau pour ainsi évaluer la quantité de protéine non disponible (ADF-N) et la perte d'énergie.

Le tableau 15 tiré d'une étude au New Hampshire (19) en 1983 représente la composition chimique d'ensilages d'herbe avant et après fermentation.

Tableau 15:
COMPARAISON DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'ENSILAGES D'HERBE AVANT ET APRÈS FERMENTATION

Nutriments (%)	Avant fermentation			Après fermentation		
	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max
Matière sèche	34,9	22,0	49,0	—	—	—
Extraits à l'éther	3,07	2,25	4,99	4,31	2,46	7,05
Protéine brute	13,98	9,96	21,81	13,91	9,86	19,20
ADF	37,42	30,96	41,44	38,73	33,94	43,92

Adapté de Holter, 1983

Comme le montre le tableau 15, la teneur en protéine brute n'a presque pas changé. Il semble cependant que la teneur en ADF ait augmenté légèrement. Cette observation est expliquée par l'utilisation préférentielle des sucres solubles par les bactéries. L'augmentation du contenu en lipides est fréquente et est le résultat de changements biochimiques durant la fermentation (19).

B- Il est souvent difficile d'avoir une seule catégorie d'ensilage à l'intérieur d'un même silo, particulièrement pour un silo vertical. Il était recommandé précédemment d'établir des masses d'ensilages de la façon la plus homogène possible; par exemple, un ensilage à prédominance de légumineuses, un ensilage de 1ère coupe vs de 2e coupe, etc.

Il s'agit donc de prélever à la récolte plusieurs poignées d'ensilages provenant de différentes charges qui représentent une masse donnée d'ensilage. Par la suite, il est essentiel de séparer les masses d'ensilages l'une de l'autre par des points de référence tels qu'une poche de maïs-grain ou d'orge.

Il faut être réaliste; il ne s'agit pas d'identifier une masse différente d'ensilage à chaque « porte de silo » mais au minimum de séparer l'ensilage à prédominance de légumineuses de celui à prédominance de graminées. Lorsque l'échantillonnage se fait sur du matériel fermenté, éviter d'échantillonner la partie supérieure du silo (matériel desséché). Encore une fois, plusieurs poignées devraient constituer l'échantillon.

Comme pour le foin sec, les échantillons prélevés devraient être expédiés au laboratoire **le plus tôt possible** (moins de 48 h) ou congelés de façon à prévenir les moisissures. Un sac de plastique de qualité devrait être utilisé. Il faut bien presser l'ensilage et faire sortir l'air du sac avant de le fermer hermétiquement. Il ne faut jamais placer la fiche d'identification au contact direct de l'ensilage.

À nouveau, l'identification de l'échantillon devrait se faire au moment même du prélèvement. On se doit aussi d'identifier le pourcentage de légumineuses et de graminées.

Est-il important de souligner que plus l'échantillonnage sera fait sérieusement, plus le résultat sera représentatif de la qualité réelle de votre fourrage?

ANALYSES EN LABORATOIRE

INTRODUCTION

Plus de 50 000 échantillons de foins, ensilages et grains sont analysés annuellement au Québec par les divers laboratoires. Des professionnels provenant des divers laboratoires gouvernementaux tels ceux du Ministère de l'Agriculture du Québec situés à Rock Forest, Rimouski, Nicolet, Alma et ceux du Complexe Scientifique de même que ceux des entreprises privées tels la Coopérative Fédérée de Québec, Ralston Purina, Shur-Gain, Nutribec, Compagnie de Sondage et Forage et du milieu éducationnel tel le Collège Macdonald se retrouvent assis autour d'une même table afin d'élaborer, améliorer et implanter des méthodes d'analyses fiables et comparables. Un programme de contrôle inter-laboratoire est mis en branle chaque année. Tous les laboratoires précédemment énumérés reçoivent un échantillon similaire de fourrage ou grain pour analyse. Les résultats des laboratoires participants sont compilés pour vérification de la justesse de leurs résultats et vous sont présentés dans la section contrôle inter-laboratoire de ce texte. S'il y a lieu, tout écart aux normes acceptables est pris en considération par le laboratoire concerné et des mesures sont entreprises afin de rectifier la source du problème. Étant donné l'implantation du contrôle inter-laboratoire depuis plusieurs années, de faibles variations sont présentement notées entre les principaux laboratoires.

Ce programme de contrôle volontaire entre organismes privés, gouvernementaux et éducationnel n'est qu'un outil supplémentaire dans le laboratoire pour contrôler la qualité des analyses effectuées.

Incidemment, les principaux outils du contrôle de qualité des résultats sont:

— Utilisation des méthodes officielles.
— Calibration avec des standards fiables et précis provenant d'organismes officiels tel le « National Bureau of Standard ».
— Vérification interne à partir d'échantillons témoins.

ANALYSE CHIMIQUE DES FOURRAGES

L'analyse chimique des fourrages, telle que nous la connaissons, est basée sur des méthodes établies et utilisées depuis plusieurs années, d'où son appellation d'analyse chimique dite « traditionnelle ou conventionnelle ». De même, par rapport à la nouvelle technologie infra-rouge qui n'implique aucune manipulation de solutions liquides (ex.: acides, solutions digestives, etc...), l'analyse chimique est aussi qualifiée de « chimie humide ».

Ces méthodes d'analyse chimique ont été regroupées et publiées par le Conseil des Productions Animales dans un recueil (7) dès 1975. Ainsi, le document qui suit vous donnera un résumé des méthodes utilisées par les laboratoires.

Préparation de l'échantillon

Avant même d'analyser l'échantillon, il doit subir diverses étapes de préparation soit:

• **Préséchage des ensilages et foins humides (7)**

Tous les échantillons de foin dont le pourcentage d'humidité est supérieur à 15% et tous les ensilages reçus au laboratoire devront préalablement être préséchés pour en faciliter le broyage et la conservation. Ainsi, 100 g d'échantillon sont placés dans une étuve à 50° C pendant 24 h. L'échantillon sec est pesé pour en déterminer la matière sèche « partielle ». Il est à noter que cette matière sèche « partielle » ne correspond pas à la matière sèche complète de l'échantillon puisqu'il y demeure encore de l'eau. La matière sèche devra être évaluée selon la méthode décrite plus loin. Une fois préséché, l'échantillon est acheminé à l'étape du broyage.

• **Broyage (7)**

L'analyse chimique ne peut se faire que sur un échantillon homogène; il est obtenu à partir d'un broyage fin de l'échantillon.

Les broyeurs recommandés pour cette opération sont:

— broyeur type « Wiley » avec tamis 1 mm
— broyeur type « Cyclone » avec tamis 1 mm
— broyeur à marteaux fixes avec tamis 1 mm

Pour tous les échantillons, le broyage s'effectue jusqu'à ce que l'échantillon soit passé à travers le tamis de 1 mm.

Analyse des paramètres

Une fois que nous avons l'échantillon finement broyé en main, l'analyse des divers paramètres chimiques est possible. Ainsi, pour évaluer la qualité des fourrages, les analyses suivantes sont requises: matière sèche, protéine brute, fibre ADF, NDF et minéraux.

• **Matière sèche (7, 25, 40, 41)**

Trois méthodes sont disponibles pour déterminer la matière sèche de l'échantillon (préséché ou non). La méthode A est présentement la méthode la plus utilisée.

Tableau 16:
MÉTHODES D'ANALYSE DE LA MATIÈRE SÈCHE

Méthode	Résumé des procédures	Description
A. Séchage à l'étuve à 105° C	Peser 1 g d'échantillon avant et après séchage dans une étuve à 105° C	Perte de l'eau par la chaleur
B. Séchage sous vide à 95° C	Peser 2 g d'échantillon avant et après séchage dans une étuve à vide à pression de 100 mm Hg et 95°	Perte de l'eau par la chaleur et la pression sous vide
C. Distillation au toluène	Peser 20 g d'échantillon + 75 ml toluène et distiller dans un décanteur Bidwell-Sterling à un rythme de 2 gouttes/sec pendant 1 h.	Récupération de l'eau par distillation

Ainsi, selon la méthode utilisée, la perte d'eau ou l'eau récupérée nous permet d'évaluer la matière sèche réelle de l'échantillon. S'il y a eu préséchage, le calcul de la matière sèche doit tenir compte de la matière sèche partielle obtenue.

• **Protéine brute (7, 38, 39, 42, 44)**

Quatre méthodes possibles pour l'analyse de la protéine brute ont été retenues (voir tableau 17). Deux de ces méthodes (A et B) sont des méthodes manuelles tandis que les 2 autres (C et D) sont des méthodes automatisées.

Toutes ces méthodes servent en réalité à déterminer l'azote; la protéine brute est obtenue en multipliant le pourcentage d'azote mesuré par le facteur de 6,25. Ce facteur correspond au taux moyen de 16% d'azote contenu dans les protéines d'origine végétale.

Tableau 17:
MÉTHODES D'ANALYSE DE LA PROTÉINE BRUTE

Méthode	Résumé des procédures	Description
A. Kjeldahl (oxyde mercurique)	1- Peser 1 g d'échantillon + 0,7 g d'oxyde mercurique + 15 g de sulfate de potassium + 25 ml d'acide sulfurique concentré et chauffer pendant 2 h à ébullition	Digestion de l'échantillon
	2- Refroidir, addition d'eau + granules de zinc + 60 ml caustique 50% distillé et récolté dans 125 ml d'acide sulfurique concentré	Distillation de l'azote en solution
	3- Titrer le distillateur avec hydroxyde de sodium 0,1 N	Dosage titrimétrique de l'azote recueilli par distillation
B. Kjeldahl (sulfate cuivrique)	1- Peser 1 g d'échantillon + 0,3 g sulfate cuivrique + 10 g sulfate de potassium + 30 ml d'acide sulfurique concentré et chauffer pendant 70 min.	Digestion de l'échantillon
	2- Refroidir, addition d'eau + 75 ml caustique 50%, distiller et récolter dans 50 ml d'acide borique	Distillation de l'azote en solution
	3- Titrer le distillat avec acide sulfurique 0,1 N	Dosage titrimétrique de l'azote recueilli par distillation
C. Kjelfoss (Kjeldahl automatisé)	1- Peser 1 g d'échantillon + 3 pastilles catalyseur + 10 ml peroxyde d'hydrogène (35%) + 12 ml d'acide sulfurique concentré Chauffage automatique pendant 6 minutes	Digestion de l'échantillon
	2- Refroidir, addition automatique d'eau et du mélange caustique/thiosulfate	Distillation de l'azote en solution
	3- Titrage photométrique du distillat avec acide sulfurique 0,6%	Dosage titrimétrique de l'azote recueilli par distillation
D. Auto-analyseur (automatisé)	1- Minéralisation au BD-20 (voir méthode dans la section « minéraux »)	Digestion de l'échantillon
	2- Addition automatique de salicylate de sodium + nitroprusside de sodium + hypochlorite de sodium en milieu alcalin	Formation du complexe ammoniaque-salicylate
	3- Dosage colorimétrique à 660 nm	Dosage colorimétrique de l'azote complexée

- **Minéraux**

Les minéraux évalués sur une base routinière pour les fourrages sont le calcium, le phosphore et le magnésium. Toutefois, avant même de doser ces éléments, il s'avère nécessaire de digérer ou plutôt de minéraliser notre échantillon. Ainsi, selon la méthode d'analyse utilisée, la méthode de minéralisation choisie est différente. Quatre méthodes de minéralisation sont disponibles (voir tableau 18). (7, 21, 37, 43, 46).

Tableau 18:
MÉTHODES DE MINÉRALISATION

Méthode	Résumé des procédures	Description
A. Minéralisation BD-20 (oxyde mercurique)	Peser 1 g d'échantillon + 0,42 g d'oxyde mercurique + 9 g sulfate de potassium + 15 ml d'acide sulfurique chauffer à 410° C pendant 1 h sur le BD-20	Mise en solution des minéraux
B. Minéralisation BD-20 (acide sélénieux)	Peser 0,25 g d'échantillon + 7 ml mélange sulfurique/sélénieux + 3 ml peroxyde; chauffer à 400° C pendant 1 h sur le BD-20	Mise en solution des minéraux
C. Calcination	Peser 1 g d'échantillon calciner à 550° C pendant 4 h Addition 10 ml acide chlorhydrique aux cendres et bouillir 10 minutes	Destruction de la matière organique Mise en solution des minéraux
D. Digestion humide (acide nitrique/ perchlorique)	Peser 0,5 g d'échantillon + 10 ml d'acide nitrique + 2 ml d'acide perchlorique; chauffer sur un minéralisateur.	Destruction de la matière organique et mise en solution

Une fois les minéraux mis en solution, le dosage des divers éléments (calcium, magnésium, phosphore) peut être effectué. Ainsi, selon la méthode de minéralisation utilisée, la procédure pour l'analyse peut différer.

- **Calcium/Magnésium (7,46)**

Le dosage du calcium et du magnésium se fait exactement de la même façon. Incidemment, 2 méthodes d'analyses sont disponibles pour ces éléments, soit:

Tableau 19:
MÉTHODES D'ANALYSE DU CALCIUM ET MAGNÉSIUM

Méthode	Résumé des procédures	Description
A. Absorption atomique (suite à digestion ou calcination)	Addition de lanthane 1% et dosage par absorption atomique aux longueurs d'onde respectives	Addition de complexant et dosage de l'élément
B. Absorption atomique (suite à minéralisation)	Addition de E.D.T.A. et dosage par absorption atomique aux longueurs d'onde respectives.	Addition de complexant et dosage de l'élément

• **Phosphore (7,44)**

Tout comme pour le calcium et magnésium, la méthode d'analyse dépend de la méthode de digestion choisie. De même, 2 méthodes d'analyse sont disponibles pour le phosphore.

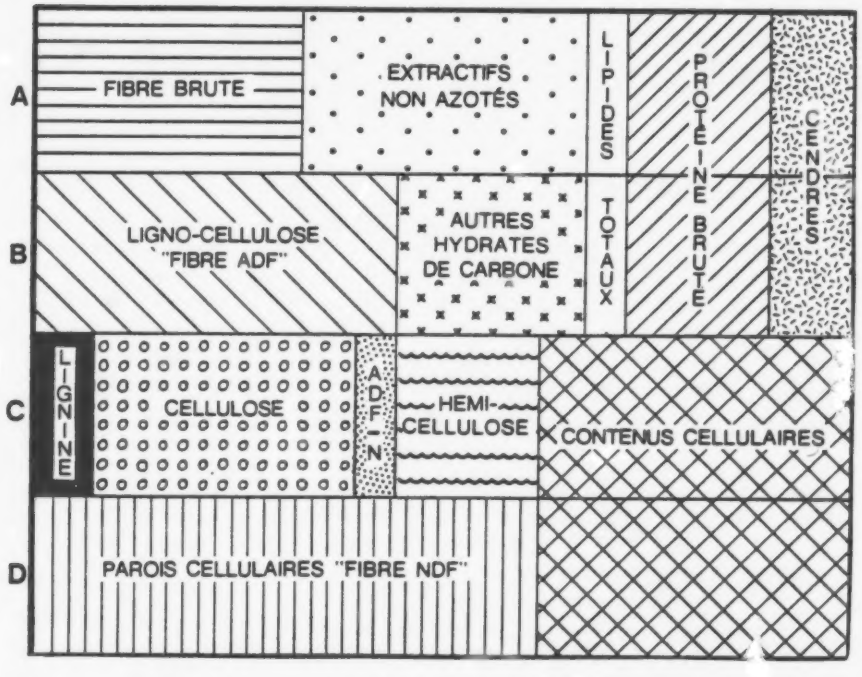
Tableau 20:
MÉTHODES D'ANALYSE DU PHOSPHORE

Méthode	Résumé des procédures	Description
A. Colorimètre (suite à digestion humide)	1- Prendre 10 ml de solution + 20 ml vanadate-molybdate d'ammonium	Complexation du phosphore en solution
	2- Reposer pour 10 minutes et lire à 400 nm	Dosage colorimétrique du phosphore
B. Colorimètre (automatisée suite à minéralisation)	1- Addition de solution molybdate/antimoine. Réduction avec acide ascorbique	Complexation du phosphore en solution
	2- Lire à 660 nm	Dosage colorimétrique du phosphore.

• **Fibre ADF et NDF (7,8)**

Au début des années 60, une nouvelle technique d'analyse de la fibre des fourrages a été développée par le Dr Van Soest au laboratoire de l'USDA au Maryland.

Cette technique permet de mieux segmenter les parois cellulaires et le contenu cellulaire des fourrages. Ainsi, au schéma ci-dessous, on peut voir les divers niveaux du fractionnement du fourrage selon le système Van Soest (voir B, C et D) comparativement à l'ancien système d'analyse global (voir A).



Source: Guide sur l'échantillonnage et l'analyse des aliments du bétail Agdex 400.54, 1985

Le principe de base du système Van Soest est qu'on peut séparer par digestion en milieu détergent neutre une fraction soluble et insoluble du fourrage.

La fraction soluble ou contenu cellulaire contient:

— sucres
— hydrates de carbone solubles
— amidon
— pectine
— azote non protéique
— protéine
— lipides

La fraction insoluble ou parois cellulaires ou fibre NDF contient:

— hémicellulose
— fibre A.D.F., qui elle contient:
- cellulose
- lignine
- protéine endommagée par la chaleur
- protéine et minéraux liés à la fibre.

Les méthodes d'analyse en laboratoire de la fibre sont reportées au tableau 21. (45)

Tableau 21:
MÉTHODES D'ANALYSES DE LA FIBRE SELON LES PROCÉDURES DE VAN SOEST

Méthode	Résumé des procédures	Description
A. Fibre A.D.F. (acide détergente)	Peser 0,35 g d'échantillon + 35 ml solution détergente acide et chauffer à ébullition pendant 1 h Filtrer, rincer et sécher les fibres recueillies à 100° C pendant 8 h. Peser les fibres séchées	Digestion du contenu cellulaire et hémicellulose Mesure de la quantité fibreuse récoltée appelée fibre ADF
B. Fibre N.D.F. (neutre détergente)	Peser 1 g d'échantillon + 100 ml solution détergente neutre + 0,5 g sulfate de sodium et chauffer à ébullition pendant 1 h Filtrer, rincer et sécher les fibres recueillies à 100° C pendant 8 h. Peser les fibres séchées.	Digestion du contenu cellulaire Mesure de la quantité fibreuse récoltée appelée fibre NDF
C. Azote lié à la fibre ADF (protéine endommagée par la chaleur)	À partir de la fibre ADF récoltée effectuer l'analyse de protéine sur la fibre (voir méthode protéine)	Mesure directe de la protéine sur la fibre ADF

CONTRÔLE INTER-LABORATOIRE DES ANALYSES DE FOURRAGES

Douze laboratoires privés et gouvernementaux participent à un contrôle inter-laboratoire dans le cadre du sous-comité méthodologie chimie du C.P.A.Q.

Les échantillons de foins et d'ensilages d'herbes distribués à chacun de ces laboratoires entre mai 85 et mai 87 ont donné les résultats suivants:

Constituant	Moyenne	Écart-type	Coefficient de variation	Nombre d'observations
PB	15,4 %	0,6	4,0%	100
Ca	0,96%	0,07	7,1%	100
P	0,27%	0,02	7,1%	100
Mg	0,21%	0,02	9,5%	100
ADF	38,1 %	1,6	4,3%	100

Un échantillon d'ensilage de maïs distribué aux laboratoires:

Constituant	Moyenne	Écart-type	Coefficient de variation	Nombre d'observations
PB	8,1 %	0,2	2,9%	8
Ca	0,22%	0,02	7,2%	8
P	0,22%	0,02	7,6%	8
Mg	0,14%	0,01	5,3%	8
ADF	25,6 %	1,0	3,8%	8

ANALYSE DES FOURRAGES PAR LA SPECTROSCOPIE DE RÉFLEXION DANS LE PROCHE INFRA-ROUGE

La spectroscopie de réflexion dans le proche infra-rouge est une méthode relativement nouvelle d'analyse des fourrages. Elle permet d'évaluer simultanément plusieurs constituants chimiques entre 2 et 4 fois plus rapidement que la chimie humide.

Cette présentation vous décrira dans les sections suivantes le système infra-rouge implanté actuellement dans les laboratoires régionaux du MAPAQ. L'historique des recherches sera souligné brièvement pour ensuite exposer la précision et l'exactitude de la technique.

Théorie

Les composés chimiques des produits naturels tels les protéines, les matières grasses, les hydrates de carbone (ex.: fibre ADF, NDF, amidon etc.) et l'eau absorbent fortement la radiation infra-rouge fondamentale entre 2500 et 25000 nm. L'absorption survient lorsque la fréquence de la radiation monochromatique égale la fréquence de la vibration des liaisons moléculaires dans ces composés asymétriques. Dans le proche infra-rouge, le spectre d'absorption résulte surtout des harmoniques et des combinaisons de 2 ou plusieurs fondamentales. Dans le cas des fourrages, la région proche infra-rouge d'intérêt se situe entre 1100 et 2500 nm.

Le spectre dans le proche infra-rouge (figure 1) d'un fourrage sec (3-6% d'eau) présente surtout des bandes larges et quelques pics pointus. Les composés chimiques sont quantifiés à partir du spectre puisque les différentes liaisons chimiques absorbent à différentes fréquences.

Les interférences d'un composé sur l'autre sont corrigées en mesurant les absorbances à des longueurs d'ondes différentes. L'utilisation d'un micro-ordinateur permet de résoudre l'interprétation spectrale par la méthode de Norris, basée sur une régression linéaire multiple. L'équation établie une relation linéaire entre les absorptions à plusieurs longueurs d'ondes et la composition des échantillons déterminés par une méthode de référence.

L'équation prend la forme suivante:

% du composé = F0 + F1 (ABS1) + F2 (ABS2) + ... Fn (ABSn)

où F0 à Fn sont des constantes de la calibration et ABS1 à ABSn sont les absorbances à diverses longueurs d'ondes. L'absorbance est définie comme le LOG de la réflexion mesurée.

Description d'un spectro-analyseur à réflexion dans le proche infra-rouge: l'Infra-Alyzer 450 Technicon

Instrumentation

Le système se compose des éléments suivants:

- Lumière monochromatique émise par une lampe à filament tungsten.
- Roue de 19 filtres pour sélectionner les longueurs d'ondes d'intérêt.
- Détecteurs de sulfures de plomb qui reçoivent la radiation focalisée par une sphère intégrante.
- Cellule d'échantillon: l'échantillon solide en fines particules est pressurisé de façon uniforme dans la cellule munie d'une fenêtre en quartz. (transparent à la lumière infra-rouge).
- Micro-ordinateur relié à l'instrument pour le traitement des données.

Protocole d'analyse d'un fourrage

- L'échantillon est pré-séché à 95% de matière sèche, puis broyé à travers un tamis de 1 mm, à l'aide de la moulange Cyclotec Udy.
- Environ 2 g d'échantillon sont pressés à travers la cellule de lecture.
- L'échantillon est irradié avec la source monochromatique et l'intensité de la réflexion diffuse est mesurée séquentiellement aux longueurs d'ondes sélectionnées.
- Le signal de réflexion est amplifié d'un facteur logarithmique et ce signal analogique est converti en valeur digitale.
- Le micro-ordinateur reçoit les absorbances et calcule le % des constituants sur une base sèche à partir des équations de calibration.

Historique

K.H. Norris du ministère américain de l'agriculture (USDA), pionnier de la spectroscopie dans le proche infra-rouge, l'utilisa en 1968 pour mesurer la teneur en eau dans les grains. Au milieu des années 70, des instruments améliorés permettaient la détermination des protéines dans les céréales. Actuellement le service fédéral américain, la commission canadienne des grains, et de nombreux organismes agro-alimentaires de divers pays emploient l'infra-rouge (IR), soit pour la vente des grains et la recherche sur les espèces végétales. L'industrie agro-alimentaire effectue par IR le contrôle de qualité sur des produits variés (produits laitiers, fruits, légumes, céréales, viandes... etc.) quant à la teneur en gras, en hydrates de carbone, en protéines, en acides aminés, etc.

En 1976, Norris démontra le potentiel de l'IR pour évaluer la qualité des fourrages par le dosage des paramètres telles les teneurs en protéines brutes, les fibres NDF, la digestibilité et l'ingestibilité appliquée aux moutons.

Depuis, de nombreuses publications ont fourni les preuves évidentes que la réflexion dans le proche infra-rouge constitue une méthode rapide et fiable de prédire la valeur nutritionnelle des fourrages (1, 4, 5, 22, 28, 30, 31, 35, 47, 48, 49, 50, 51). En 1985, le « U.S. Alfalfa Hay Quality Committee », « l'American Forage and Grassland Council » ont approuvé le système infra-rouge (NIRS) dans le programme américain d'accréditation des laboratoires d'analyses.

Analyse infra-rouge dans les laboratoires du M.A.P.A.Q

Les 3 laboratoires en alimentation du bétail du M.A.P.A.Q.: Alma, Nicolet et Rimouski, possèdent actuellement 3 instruments à réflexion infra-rouge tels que décrit précédemment. Le choix de cette technologie visait à réduire simultanément les coûts de fonctionnement et les délais des services d'analyses. Ces derniers passèrent de 20-30 jours à 7-15 jours en période de pointe.

Les laboratoires d'Alma et Nicolet ont développé des calibrations de fourrages à partir des récoltes de 85 et 86. Le tableau suivant présente la fiabilité de la méthode:

Type de fourrage (nombre d'échantillons)	Constituant	Moyenne (Min. et Max.) (%)	Erreur standard de calibration (%)	Corrélation
Foins (toutes espèces 571)	PB	14,4 (5,3 à 24,9)	0,7	0,99
	ADF	36,6 (25,0 à 53,0)	1,8	0,93
Ensilage d'herbes (toutes espèces 508)	PB	16,4 (6,8 à 24,2)	0,7	0,98
	ADF	38,5 (24,4 à 49,5)	1,9	0,90
Ensilage de maïs (148)	PB	8,5 (6,5 à 11,8)	0,4	0,94
	ADF	28,6 (16,8 à 39,7)	1,4	0,95

L'erreur standard de calibration se calcule par la différence entre la valeur obtenue par la chimie humide (micro-digestions kjeldahl et détergent acide) (7), et celle de la calibration infra-rouge selon l'équation suivante:

$$\text{Erreur standard de calcul} = \sqrt{(IR\text{-}LAB)^2/N}$$

où IR = valeur infra-rouge
LAB = valeur de chimie humide
N = le nombre d'échantillons dans la calibration

Les analyses de chimie humide sont effectuées en duplicata avec l'écart-type suivant (données des laboratoires d'Alma et Nicolet):

Protéine brute = 0,4 %
Fibre ADF = 0,9 %
Calcium = 0,03%
Phosphore = 0,01%
Magnésium = 0,01%

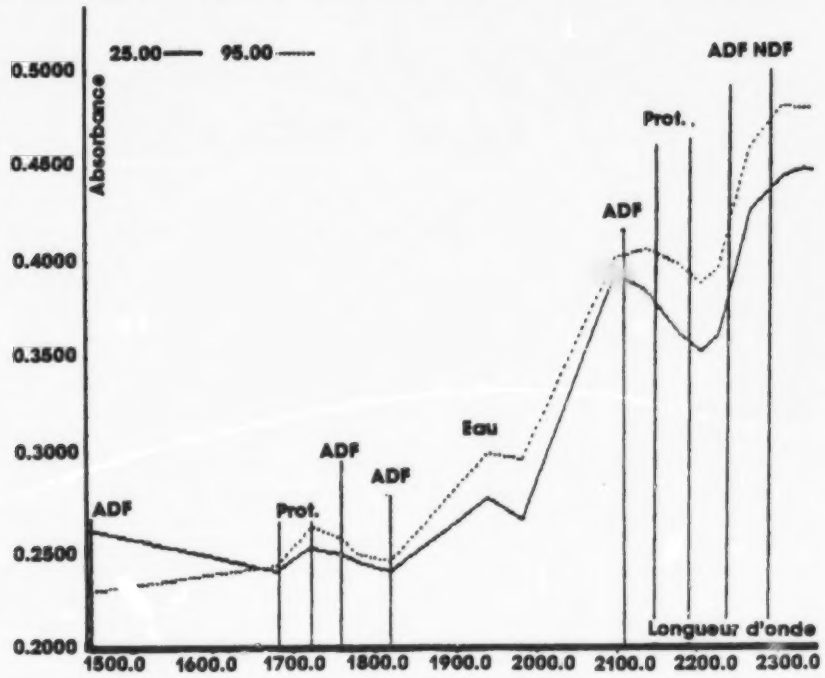
La réflexion infra-rouge étant intrinsèquement une méthode relative, la justesse des résultats s'obtient avec les vérifications journalières d'échantillons de référence analysés par la chimie humide.

Pour chaque constituant, la combinaison optimum d'un nombre donné de longueurs d'ondes est sélectionnée à l'aide d'un logiciel de la compagnie Technicon (Combinations Search Program). Ce programme calcule les coefficients et la régression linéaire multiple et les paramètres statistiques nécessaires pour juger de la qualité de la calibration.

Comme le rapportait Shenk (51) en 1985, la réflexion infra-rouge a démontré sa capacité à doser les protéines brutes et la fibre ADF avec

exactitude dans les fourrages. Par contre les minéraux tels le calcium, le magnésium, et le phosphore n'ont pas de corrélation dans l'ensilage de maïs, et des corrélations passables dans les foins et les ensilages d'herbes. Les coefficients de variations de ces minéraux rapportés dans la littérature varient généralement entre 10 et 20%. **Les minéraux sont analysés de façon rapide et précise par la chimie humide, aussi les laboratoires du M.A.P.A.Q. ne recommandent pas l'utilisation de l'infra-rouge pour évaluer les minéraux dans les aliments.**

Figure 1:
LES SPECTRES DE RÉFLEXION INFRA-ROUGE DE 2 FOINS DE GRAMINÉES.



Note: Le numéro 25 (1ère coupe) dose 6,9% en protéines brutes, 44,3% en fibre ADF et 75,4 en fibre NDF. Le numéro 95 (2ème coupe) dose respectivement 20,3%, 34,0% et 49,5%. Les traits verticaux identifient les longueurs d'ondes utilisées dans les calibrations des protéines et de la fibre ADF.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS D'ANALYSES DE FOURRAGE

Étant donné que la composition chimique des fourrages n'est qu'un reflet de leur valeur nutritive, il est maintenant essentiel de bien comprendre et utiliser les résultats.

Une analyse typique de fourrage nous révèle le contenu en matière sèche tel que reçu, en protéine brute, en fibre ADF, en calcium, en phosphore, en magnésium. Dans le cas spécifique d'un ensilage, l'analyse révèle aussi le pH. Il est aussi possible lorsque désiré d'obtenir la teneur en protéine disponible et en fibre NDF des fourrages.

La valeur nutritive d'un fourrage est souvent, de façon erronée, associée simplement au contenu protéique d'où l'expression « Mon foin cette année avait 20 de protéine ».

C'est pourquoi, il est essentiel de bien comprendre chacune des composantes d'une analyse chimique de fourrage de façon à maximiser son utilisation.

LA MATIÈRE SÈCHE TEL QUE REÇU

Il est important de réaliser que le taux de matière sèche déterminé en laboratoire pour un échantillon de fourrage est le taux de matière sèche au moment du prélèvement. Par exemple, un foin sec à la récolte avait 80% M.S. pour ensuite se stabiliser à 88% M.S. après entreposage (séchoir). La variation du pourcentage de matière sèche d'un foin est minime en comparaison aux variations possibles avec les ensilages.

L'analyse nutritive peut être exprimée sur une base « tel que servi » ou sur une base sèche (100% M.S.). La façon d'exprimer les résultats est une source importante d'erreur dans la formulation, particulièrement pour ce qui est des concentrés.

Comment peut-on évaluer la consommation volontaire de M.S. d'une vache si l'on ne connait pas le taux réel d'humidité d'un ensilage?

LA PROTÉINE BRUTE

Le taux de protéine brute est obtenu en laboratoire en multipliant le contenu en azote de l'aliment par un facteur de 6,25. Ce facteur correspond au taux moyen de 16% d'azote contenu dans les protéines d'origine végétale. Cette analyse nous révèle le contenu en protéine brute, sans cependant distinguer la portion d'azote protéique et la portion d'azote non protéique. L'utilisation digestive et métabolique de la protéine alimentaire chez les ruminants est basée sur l'action des micro-organismes du rumen. Les caractéristiques particulières de la nutrition azotée des ruminants étaient présentées au Symposium Bovins Laitiers, 1986 (23).

Les exigences protéiques des bovins laitiers sont exprimées en grammes de protéines brutes par jour (36). Le concept de la protéine brute se veut plus qu'adéquat pour équilibrer les rations de vaches en milieu et fin de lactation ainsi que celles des vaches taries. Il a été cependant observé, que pour les vaches « fortes productrices » en début de lactation, il est nécessaire de considérer en plus la dégradabilité de la protéine. On en est même à étudier le profil en acides aminés de la partie dégradable et non dégradable des aliments ainsi qu'à identifier les acides aminés limitatifs de la vache « forte productrice » (6).

Que peut-on tirer de l'analyse de la protéine brute?

Si l'on se réfère au tableau 6 et 7 au début de ce texte, il serait fortement à souhaiter que le taux de protéine brute se situe dans les 2 premières catégories respectives aux graminées et légumineuses. Les fourrages de qualité se veulent donc une source importante de protéine particulièrement pour ce qui est des légumineuses. Notre analyse de laboratoire ne révèle pas le taux de dégradabilité des fourrages (méthode in vivo). Cependant, le tableau 22 nous donne des indices pour ce qui est de la dégradabilité des fourrages.

La dégradabilité de la protéine d'un fourrage récolté jeune est élevée en opposé à un fourrage récolté à un stade de maturité avancé. Ceci est particulièrement vrai pour les graminées et s'explique par le taux élevé de la fraction d azote non protéique (26). De plus, la fermentation d'un fourrage dans des conditions adéquates augmente la dégradabilité de la protéine (23). Ces derniers facteurs agissant sur la dégradabilité de la protéine sont en relation à des caractéristiques chimiques et physiques de l'aliment. Plusieurs autres facteurs sont en relation à la dynamique du rumen (6): consommation totale de M.S., rapport fourrages: concentrés, transit digestif, etc...

Une simulation présentée plus loin dans ce texte vous permettra de visualiser l'impact de la qualité des fourrages sur la dégradabilité de la protéine de la ration totale (tableau 36).

Tableau 22:
DÉGRADABILITÉ RUMINALE DES PROTÉINES DE QUELQUES FOURRAGES

Fourrages	% de dégradabilité (t = 10)
Graminées	
en croissance rapide	85
fin épiaison	50
Luzerne	
début floraison	
ensilage (35% M.S.)	80
ensilage (60% M.S.)	70
foin	75
fin floraison	
ensilage (35% M.S.)	75
ensilage (60% M.S.)	65
foin	70

Adapté du Symposium Bovins Laitiers 1986 p. 45

LA FIBRE ADF ET LA FIBRE NDF

Le contenu en fibre d'une moulée commerciale est exprimé en fibre brute (système d'analyse globale ou analyse de Weende) tel qu'exigé par la Loi Canadienne des Aliments du Bétail. La portion fibre d'un aliment se constitue principalement de cellulose, hémicellulose et lignine. L'analyse de la fibre brute n'isole que de 50 à 80% de la cellulose, de 15 à 25% seulement des hémicelluloses et de 10 à 50% de la lignine (8). La fibre brute ne constitue donc pas une fraction chimique bien distincte dans une plante.

La fibre ADF (méthode Van Soest) représente le contenu en cellulose et en lignine des fourrages. Cette analyse se veut un indice très utile pour évaluer l'énergie nette d'un fourrage (11). Le contenu énergétique ou la digestibilité d'un fourrage ne peut être mesuré en laboratoire.

Ainsi plus un fourrage est coupé jeune, moins élevées sont ses teneurs en ADF et en lignine, plus élevée est sa valeur énergétique ou digestibilité (tableau 23).

Tableau 23:
INFLUENCE DU STADE DE CROISSANCE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA LUZERNE

Stades	P.B.	NDF	ADF	Lignine (ADL)
		% de la M.S.		
Bouton	21,7	41	31	7,6
10% en fleurs	19,9	44	34	8,6
50% en fleurs	16,0	50	40	10,8
100% en fleurs	15,0	52	42	11,6

Symposium sur les plantes fourragères, 1986 p. 44

La fibre NDF (méthode Van Soest) représente le contenu en cellulose, hémicellulose et lignine des fourrages. Cette analyse est encore relativement nouvelle et n'est disponible, lorsque demandé, que dans certains laboratoires. Parce que cette analyse se veut un indice très utile pour évaluer la consommation volontaire des M.S. (33) et connaissant l'impact de la consommation de la matière sèche sur le potentiel de production des fourrages, il est à souhaiter que cette analyse de la NDF soit effectuée sur une base régulière.

Les tableaux 6 et 7 au début de ce texte révèlent les niveaux d'ADF et de NDF des fourrages de graminées et de légumineuses selon le stade de maturité.

Selon les données des tableaux 6 et 7, il serait fortement à souhaiter que les taux d'ADF et NDF de vos fourrages se situent dans les 2 premières catégories respectives aux graminées et légumineuses.

Les teneurs en ADF d'un fourrage de graminées et de légumineuses à stade équivalent de maturité sont similaires. Cependant la teneur en lignine des fourrages de légumineuses est plus élevée que celle des fourrages de graminées. La teneur en NDF des fourrages de graminées est plus élevée que celle des fourrages de légumineuses. Cette différence s'explique par la teneur en hémicellulose des graminées. Ainsi, un fourrage de légumineuses coupé très jeune se révèle une source peu élevée en fibre qui sera à surveiller.

Les teneurs en ADF et NDF des fourrages reflètent beaucoup mieux la valeur nutritive d'un fourrage que peut le faire la teneur en protéine.

Les tableaux 24, 25 et 26 montrent les niveaux d'énergie nette des fourrages selon 3 catégories: prédominance de légumineuses (66% et plus), mélange graminées-légumineuses et prédominance de graminées (66% et plus). Une fois de plus l'importance de bien identifier l'échantillon au moment du prélèvement est démontrée.

Tableau 24:
ESPÈCES: LÉGUMINEUSES 66% ET + (100% MATIÈRE SÈCHE)

ADF %	UNT (%) Entretien	Énergie nette (Mcal/kg)		
		Lactation	Entretien	Gain
25	66,7		1,56	,86
26	65,8		1,54	,84
27	65,0		1,52	,82
28	64,1		1,50	,80
29	63,3		1,48	,78
30	62,5		1,46	,76
31	61,6	1,40	1,44	,74
32	60,7	1,38	1,42	,72
33	59,9	1,35	1,41	,71
34	59,0	1,33	1,39	,69
35	58,2	1,30	1,37	,67
36	57,3	1,28	1,35	,65
37	56,5	1,25	1,33	,63
38	55,6	1,23	1,31	,61
39	54,7	1,20	1,29	,59
40	53,9	1,18	1,27	,57
41	53,0	1,15	1,25	,55
42	52,2	1,13	1,23	,53
43	51,3	1,10	1,22	,52
44	50,5	1,08	1,20	,50
45	49,6	1,05	1,18	,48

Bovins Laitiers. Agdex 410. 1987. p 159

Tableau 25:

ESPÈCES: MÉLANGE GRAMINÉES-LÉGUMINEUSES (100% MATIÈRE SÈCHE)

ADF %	UNT (%) Entretien	Énergie nette (Mcal/kg)		
		Lactation	Entretien	Gain
25	70,2		1,62	,92
26	69,2		1,59	,89
27	68,1		1,57	,87
28	67,1		1,54	,84
29	66,1		1,52	,82
30	65,0		1,49	,79
31	64,0		1,47	,77
32	63,0	1,40	1,44	,74
33	61,9	1,37	1,42	,72
34	60,9	1,34	1,39	,69
35	59,9	1,30	1,37	,67
36	58,8	1,27	1,35	,65
37	57,8	1,24	1,32	,62
38	56,8	1,21	1,30	,60
39	55,7	1,18	1,27	,57
40	54,7	1,14	1,25	,55
41	53,7	1,11	1,22	,52
42	52,6	1,08	1,20	,50
43	51,6	1,05	1,17	,47
44	50,6	1,01	1,15	,45
45	49,5	0,98	1,12	,42

Bovins Laitiers. Agdex 410. 1987. p 160

Tableau 26:

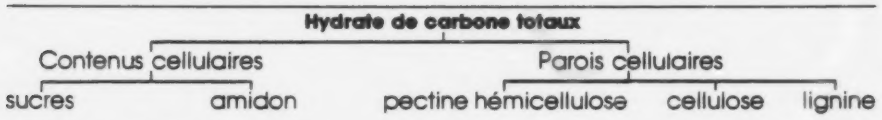
ESPÈCES: GRAMINÉES 66% ET + (100% MATIÈRE SÈCHE)

ADF %	UNT (%) Entretien	Énergie nette (Mcal/kg)		
		Lactation	Entretien	Gain
25				
26				
27				
28				
29				
30	69,7		1,59	,89
31	68,2		1,56	,86
32	66,7		1,52	,82
33	65,2		1,48	,78
34	63,7	1,39	1,44	,74
35	62,2	1,34	1,41	,71
36	60,7	1,29	1,37	,67
37	59,2	1,25	1,33	,63
38	57,7	1,20	1,29	,56
39	56,2	1,14	1,26	,56
40	54,7	1,10	1,22	,52
41	53,2	1,05	1,18	,48
42	51,8	1,00	1,14	,44
43	50,3	0,95	1,11	,41
44	48,8	0,90	1,07	,37
45	47,3	0,85	1,03	,33

Bovins Laitiers. Agdex 410. 1987. p 159

Les fourrages se doivent à prime abord d'être une source de fibre efficace. À noter qu'une analyse de fibre en laboratoire ne peut indiquer l'efficacité de la fibre; c'est donc un critère à surveiller. Lorsque coupés jeunes, les fourrages représentent aussi une source d'énergie. Cette source d'énergie est très différente de celle provenant des grains. Premièrement, les fourrages ont une teneur énergétique, en valeur absolue, plus basse que les grains (teneur en lignine des fourrages). Deuxièmement, les fourrages représentent une source d'énergie différente des grains. Le tableau suivant l'explique:

Tableau 27:
FRACTIONS DES HYDRATES DE CARBONE DANS LES ALIMENTS.



Symposium Bovins Laitiers, 1986, p. 33

Il faut retenir de ce tableau que l'énergie présente dans les fourrages sous forme de cellulose et d'hémicellulose est lentement dégradable alors que l'énergie présente dans les grains sous forme de sucres et amidon est rapidement dégradable. Il faut donc qu'il existe un équilibre entre les hydrates de carbone structuraux et non structuraux si l'on veut maintenir la santé de l'animal ainsi que sa productivité (34).

C'est donc dire que pour la vache « forte productrice », on se doit de considérer les besoins en énergie (Mcal/jour) mais aussi les formes d'énergie utilisées.

Une section sur les sources d'énergie et leur utilisation était présentée au Symposium Bovins laitiers, 1986 (23).

LA PROTÉINE NON DISPONIBLE

La protéine non disponible est aussi appelée protéine liée à la fibre ADF ou protéine endommagée par la chaleur. Lorsqu'un ensilage d'herbe apparaît caramélisé, (couleur foncée, odeur de tabac) résultat d'une mauvaise fermentation ou lorsqu'un foin sec a chauffé, il est recommandé de vérifier en plus de l'analyse standard, le niveau de protéine disponible. Une détermination azotée sur la fraction ADF fournit un estimé de la protéine endommagée par la chaleur. Cette protéine liée à la fibre par réaction chimique est indigestible. Un niveau normal de protéine liée à la fibre est de 1,9%. Toute quantité dépassant 1,9% doit être soustraite de la protéine brute; on parle alors de protéine brute ajustée.

Dans le cas d'un ensilage qui démontre des caractéristiques optimales de fermentation, il est inutile de doser la protéine non disponible.

LE CALCIUM, LE PHOSPHORE ET LE MAGNÉSIUM

Le calcium, le phosphore et le magnésium sont les 3 éléments majeurs considérés dans une analyse de laboratoire standard.

Pourquoi ne pas considérer les autres éléments majeurs tels que le sodium, le chlore, le potassium et le soufre?

Les fourrages contiennent en général très peu de sodium et de chlore. Les besoins en sodium et en chlore sont complémentés dans la majorité des cas par le chlorure de sodium (sel). À l'opposé, les fourrages contiennent des niveaux

plus qu'adéquats pour les besoins de la vache en potassium et en soufre. Cependant, des rations à base d'ensilage de maïs et d'urée peuvent être déficientes en soufre. Des rations à base de fourrages de pauvre qualité, accompagnées de quantités élevées de concentrés, peuvent être marginales en potassium.

La teneur en calcium des fourrages est très variable et est particulièrement élevée dans le cas des légumineuses de qualité. La teneur en phosphore des fourrages est peu élevée et est à surveiller.

Les besoins journaliers en éléments minéraux majeurs des bovins laitiers sont connus (20, 36).

Les variations possibles du contenu en éléments minéraux vous sont présentés au tableau 28.

Tableau 28:
VARIATIONS POSSIBLES DU CONTENU EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DES FOURRAGES

	Graminées			Légumineuses		
Élément minéral	**Bas**	**Typique**	**Élevé**	**Bas**	**Typique**	**Élevé**
Majeurs						
% de la matière sèche						
Ca	<0,3	0,4 — 0,8	>1,0	<0,60	1,2 — 2,3	>2,5
Mg	<0,1	0,12 — 0,26	>0,3	<0,10	0,3 — 0,4	>0,6
K	<0,1	1,2 — 2,8	>3,0	<0,40	1,5 — 2,2	>3,0
P	<0,2	0,2 — 0,3	>0,4	<0,15	0,2 — 0,3	>0,7
S	<0,1	0,15 — 0,25	>0,3	<0,2	0,3 — 0,4	>0,7
Mineurs						
mg/kg de la matière sèche						
Fe	<45	50 — 100	>200	<30	50 — 100	>300
Co	<0,08	0,08 — 0,25	>0,30	<0,08	0,08 — 0,25	>0,3
Cu	<3	4 — 8	>10	<4	6 — 12	>15
Mn	<30	40 — 200	>250	<20	25 — 45	>100
Se	<0,04	0,08 — 0,10	>5	<0,04	0,08 — 0,1	>5
Zn	<15	20 — 80	>100	<10	12 — 35	>50

Seulement quelques mots sur les éléments mineurs et les vitamines liposolubles A, D et E.

Les éléments minéraux mineurs ainsi que les vitamines, même si présents en très petites quantités, sont très importants, tous aussi importants que la fibre, l'énergie, la protéine, etc...

Les besoins en zinc, fer, manganèse, cuivre, cobalt, iode, sélénium, vitamine A, D et E pour les bovins laitiers ne sont pas connus avec une grande précision (20, 36).

La teneur en éléments minéraux mineurs des fourrages au Québec est très peu documenté. Des données de New-York, 1986 (2) sont présentées au tableau 29 et indiquent la teneur en fer, zinc, cuivre et manganèse des fourrages de graminées et légumineuses.

Tableau 29:
TENEUR EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX MINEURS DES FOURRAGES DE GRAMINÉES ET DE LÉGUMINEUSES

Nutriment	**Fourrage de graminées**	**Fourrage de légumineuses**
Fer (mg/kg)	211	178
Zinc (mg/kg)	19	15
Cuivre (mg/kg)	7	5
Manganèse (mg/kg)	60	32

Données de New-York, 1986 (2)

Puisque la quantité de fer dans le lait est minime et parce que les fourrages contiennent des quantités appréciables de fer, une carence en fer est peu probable chez les bovins laitiers.

Pour ce qui est des autres éléments mineurs, leur présence dans les fourrages est très variable. Il est donc recommandé de les supplémenter dans les rations pour bovins laitiers, particulièrement pour ce qui est de l'iode, du cobalt et du sélénium.

Pour ce qui est des vitamines, les fourrages de qualité représentent une bonne source de provitamine A (beta-carotène) et de vitamine E lorsque récoltés verts. Leur activité vitaminique variera selon la méthode de récolte et d'entreposage. Les teneurs en provitamine A et vitamine E sont particulièrement élevées chez les légumineuses. À l'opposé, les fourrages récoltés verts ont une activité vitaminique D très peu élevée. Cependant l'activité vitaminique D augmente à mesure que la plante avance en maturité et selon la période de temps qu'un fourrage coupé est exposé au soleil.

Parce que les vitamines liposolubles sont très sensibles à la chaleur, à la lumière, il est difficile de déterminer avec précision leur activité vitaminique.

Compte tenu des coûts relatifs très réduits de ces nutriments, ne faut-il pas plutôt s'attarder à bien équilibrer nos rations dans les nutriments qui coûtent plus cher? surtout par les temps qui courent!

IMPACT ÉCONOMIQUE DE LA QUALITÉ DES FOURRAGES

Maintenant que nous connaissons les différents critères permettant une utilisation rationnelle des fourrages, il est temps de démontrer l'impact économique de la qualité des fourrages et d'illustrer certains concepts nutritionnels importants.

Cet exercice ne se veut en aucun cas une comparaison économique entre une fourragère et une presse à foin, ou entre un troupeau de 35 vaches et 100 vaches ou entre un silo vertical et un séchoir à foin.

Pour que cette démonstration soit pratique et spécifique aux producteurs laitiers du Québec, nous avons choisi d'utiliser des données réelles provenant du comité de références économiques en agriculture du Québec (données techniques et économiques du P.A.T.L.Q.).

Les données utilisées pour la production étaient les suivantes:

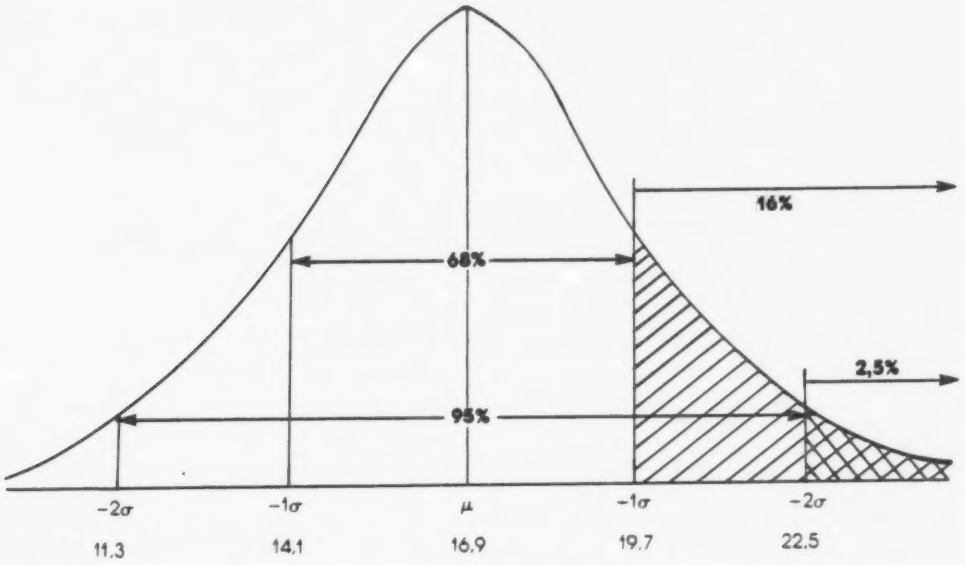
— production de lait par vache par an : 7563 kg
— pourcentage de gras du lait : 3,54%
— poids moyen du troupeau : 567 kg

En se basant sur ces données, nous avons établi les trois niveaux de production suivants pour formuler des rations.

1er groupe de production (100 jours): 38 kg
2e groupe de production (140 jours) : 30 kg
3e groupe de production (72 jours) : 22 kg

Pour ce qui est de la qualité des fourrages utilisés, il aurait été possible de comparer des valeurs moyennes de tables. Cependant, nous avons voulu illustrer la variation réelle des analyses de fourrages au Québec. Nous avons donc utilisé les analyses du Québec 1987 plus ou moins un écart type. La figure 2 illustre la distribution de la teneur en protéine des analyses d'ensilages à prédominance de légumineuses à titre d'exemple.

Figure 2:
DISTRIBUTION NORMALE DE LA TENEUR EN PROTÉINE DES ANALYSES D'ENSILAGE À PRÉDOMINANCE DE LÉGUMINEUSES (M.A.P.A.Q. — 1987)



La composition chimique des fourrages utilisés pour simuler l'impact économique des fourrages est présentée au tableau 30.

Tableau 30:
COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES UTILISÉS POUR SIMULER L'IMPACT ÉCONOMIQUE DES FOURRAGES

Fourrage	P.B.	ADF	ENᵉ	Ca	P	Mg
Foins (ECT +)	15,0	35,8	1,26	0,93	0,30	0,22
Foins (ECT −)	11,0	42,2	1,06	0,49	0,20	0,14
Ens. lég. (ECT +)	19,7	31,0	1,40	1,39	0,34	0,28
Ens. lég. (ECT −)	14,1	39,8	1,18	0,79	0,24	0,16
Ens. gram. (ECT +)	17,2	32,1	1,40	0,98	0,33	0,24
Ens. gram. (ECT −)	11,8	39,9	1,10	0,44	0,23	0,14

ECT +: moyenne plus 1 écart type
ECT −: moyenne moins 1 écart type

À partir de ces données, nous avons formulé 3 rations pour chacun des niveaux de production comparant les écarts d'analyses des fourrages de légumineuses et de graminées. Dans les 2 cas, nous avons comparé l'écart-type positif à l'écart-type négatif. Pour des raisons pratiques de formulation et de façon à ne pas multiplier le nombre de rations, nous avons utilisé les critères suivants:

— la consommation volontaire de matière sèche des fourrages a été déterminée à partir de la teneur en NDF des fourrages;
— 25% de la consommation de matière sèche de fourrages était sous forme de foin (ECT + ou ECT −);

— 75% de la consommation de matière sèche de fourrages était sous forme d'ensilage à prédominance soit de légumineuses soit de graminées;
— toutes les rations ont été équilibrées (logiciel conseil — lait) tenant compte de la protéine brute, la protéine non dégradable, l'énergie nette de lactation, la fibre ADF, le calcium, le phosphore, le magnésium, le sel, etc...

Penchons-nous maintenant sur les résultats de cette simulation.

Le tableau 31 montre les consommations de matière sèche en fourrage exprimées en pourcentage du poids vif selon le niveau de production et la qualité des fourrages (ECT + ou ECT −).

Ces données démontrent que des fourrages de qualité sont consommés en grandes quantités. C'est pourquoi, il faut maximiser la qualité des fourrages si l'on veut maximiser l'ingestion volontaire de matière sèche de fourrages.

Tableau 31:
CONSOMMATION DE MATIÈRE SÈCHE EN FOURRAGE SELON LE NIVEAU DE PRODUCTION ET LA QUALITÉ DES FOURRAGES

Lactation	Début	Milieu	Fin
Niveau de production	38	30	22
	Consommation de M.S. de fourrages (% du poids vif)		
Fourrage			
Légumineuses (ECT +)	2,40	2,43	2,46
Légumineuses (ECT −)	1,93	1,96	1,98
Graminées (ECT +)	1,95	1,97	2,00
Graminées (ECT −)	1,63	1,65	1,67

Le tableau 32 illustre comment un fourrage de qualité, parce que consommé en grande quantité, permet de réduire l'apport de concentrés de la ration totale.

Tableau 32:
RAPPORT FOURRAGES: CONCENTRÉS DE LA RATION TOTALE SELON LE NIVEAU DE PRODUCTION ET LA QUALITÉ DES FOURRAGES

Lactation	Début	Milieu	Fin
Niveau de production	38	30	22
	Rapport fourrages: concentrés		
Fourrage			
Légumineuses (ECT +)	61:39	70:30	83:17
Légumineuses (ECT −)	48:52	55:45	65:35
Graminées (ECT +)	52:48	60:40	70:30
Graminées (ECT −)	41:59	47:53	56:44

Que faut-il retenir de ce dernier tableau?

Il est possible d'atteindre des niveaux de production de lait aussi élevés que 38 kg/jour avec aussi peu que 39% de concentrés dans la ration totale (base sèche). C'est donc dire qu'un ratio fourrages: concentrés de 40:60, pré-déterminé en début de lactation, n'est pas réaliste! On se doit de permettre à nos bovins laitiers de consommer des fourrages; il est évident que ces fourrages doivent être de qualité.

Le tableau 33 et 34 démontre l'impact économique de la qualité des fourrages.

Tableau 33:
IMPACT ÉCONOMIQUE DE LA QUALITÉ DES FOURRAGES

Lactation Niveau de production	Début 38	Milieu 30	Fin 22
	Coût de l'alimentation/vache/jour		
Fourrage			
Légumineuses (ECT +)	2,48 (−0,86)	1,87 (−0,75)	1,45 (−0,44)
Légumineuses (ECT −)	3,34	2,62	1,89
Graminées (ECT +)	2,97 (−0,65)	2,23 (−0,66)	1,54 (−0,63)
Graminées (ECT −)	3,62	2,89	2,17

Le tableau 33 nous révèle un avantage économique des fourrages de qualité tout au long de la lactation. En d'autres mots, la croyance que les fourrages de qualité ne sont utiles qu'en début de lactation s'avère fausse. Cependant, il est à remarquer, comme le montre le tableau 33, qu'une ration à prédominance de légumineuses de qualité est difficile à justifier en fin de lactation (excès en protéine et en calcium). Cette dernière observation ne pose aucun problème pour les fourrages de graminées.

Les rations à prédominance de légumineuses montrent un avantage économique plus élevé que celles à prédominance de graminées; une consommation élevée de matière sèche de légumineuses et la valeur protéique plus élevée des légumineuses expliquent cette observation. Ces calculs ont été basés sur du maïs-grain à 125 $/t et sur du tourteau de soya à 425 $/t. Que nous réserve le futur?

Tableau 34:
IMPACT ÉCONOMIQUE DE LA QUALITÉ DES FOURRAGES

	Coût de l'alimentation par lactation	
Fourrage		
Légumineuses (ECT +)	614,20	(−223)
Légumineuses (ECT −)	836,88	
Graminées (ECT +)	720,08	(−203)
Graminées (ECT −)	922,84	

Une variation de plus ou moins un écart-type de l'analyse des fourrages de graminées ou de légumineuses représente entre 200 $ et 225 $ par lactation. En d'autres mots, une différence de 8000 $ par année pour un troupeau moyen au Québec.

Comme le montre la figure 2, une proportion de 68% des analyses de fourrages se situent à plus ou moins un écart-type de variation. Sachant qu'une proportion de 27% des analyses de fourrages se situent à plus ou moins 2 écarts-types de variation, pouvez-vous imaginer l'impact économique qui existe entre ces 2 extrêmes?

L'impact économique d'un fourrage de qualité est dû principalement au fait qu'il est consommé en plus grande quantité. Le tableau 35 le démontre.

La ration 3 du tableau 35 est une des rations formulées pour simuler l'impact économique des fourrages de qualité. Elle représente la ration à prédominance de légumineuses de qualité (ECT −).

Pour les 3 rations du tableau 35, l'objectif de production était de 38 kg de lait/jour à 3,54% de matières grasses. Pour simuler l'impact de la consommation de matière sèche, nous avons fixé la consommation volontaire de matière sèche de fourrages à 80% pour la ration 2 et à 60% pour la ration 1.

Quels sont les points importants à retenir?

Premièrement, une différence de 0,65 $/vache/jour existe entre la ration 1 et 3. Le rapport fourrages: concentrés, le taux d'ADF et NDF de la ration 1 sont critiques et à surveiller. À noter que seulement 31% des besoins en EN1 (ration 1) sont apportés par les fourrages.

Peut-on se permettre de limiter l'ingestion volontaire de matière sèche de fourrages de qualité à 1,5% du poids vif?

Tableau 35:
IMPACT NUTRITIONNEL ET ÉCONOMIQUE DE LA CONSOMMATION DE MATIÈRE SÈCHE D'UN FOURRAGE DE QUALITÉ

Production: 38 kg lait/jour à 3,54% M.S.
Poids vif: 567 kg

Ration	1	2	3
MSF/100 kg p.v.	1,44	1,92	2,40
MST/100 kg p.v.	3,57	3,79	3,88
MST/jour	20,7	22,1	22,2
Rapport F:C	40:60	50:50	62:38
Coût/jour	3,13 $	2,80 $	2,48 $
% ADF (ration totale)	15	18	21
% NDF (ration totale)	24	28	31
% des besoins en PB fourni par les fourrages	42%	56%	70%
% des besoins en EN1 fourni par les fourrages	31%	42%	52%

MSF: matière sèche en fourrages
MST: matière sèche totale
Rapport F:C: rapport fourrages: concentrés

Le tableau 36 présente l'impact de la qualité des fourrages sur le % de dégradabilité de la protéine du complément à servir.

Tableau 36:
IMPACT DE LA QUALITÉ DES FOURRAGES SUR LE POURCENTAGE DE DÉGRADABILITÉ DE LA PROTÉINE DU COMPLÉMENT À SERVIR

Production: 38 kg lait/jour à 3,54% M.S.
Poids vif: 567 kg

Ration	LEG (ECT -)	LEG (ECT -)
MSF/100 kg p.v.	1,93	2,40
MST/100 kg p.v.	3,99	3,95
MST/jour	22,9	22,0
Rapport F:C	48:52	61:39
% degr. visé du complément à servir	57	30
% ADF (ration totale)	21,2	20,7
% des besoins en P.B. fourni par les fourrages	40%	70%
% des besoins en EN1 fourni par les fourrages	35%	52%

MSF: matière sèche en fourrages
MST: matière sèche totale
Rapport F:C: rapport fourrages: concentrés

Précédemment dans ce texte, nous avons expliqué le concept de la dégradabilité de la protéine pour la vache « forte productrice ». Les 2 rations présentées au tableau 36 comparent un fourrage à prédominance de légu-

mineuses avec plus ou moins un écart-type. En d'autres mots, une comparaison entre un fourrage coupé jeune et un fourrage coupé à un stade de maturité avancé. Dans les 2 cas, l'objectif de production était de 38 kg de lait/jour à 3,54% de matières grasses.

Que faut-il retenir du tableau 36?

Le concept de la dégradabilité de la protéine est étroitement relié à la qualité des fourrages. Plus les fourrages sont de qualité, plus leur apport élevé en protéine de haute dégradabilité exige un complément dont la protéine est de basse dégradabilité.

À l'opposé, un fourrage de pauvre qualité, dont l'apport en protéine de basse dégradabilité est peu élevé, requiert un complément dont la protéine est de moyenne à haute dégradabilité. Il serait donc, pour illustrer un cas pratique, néfaste de donner un complément protéique à basse dégradabilité (45%) à des vaches en début de lactation alimentées de fourrages de pauvre qualité!

Est-il encore nécessaire de démontrer l'importance de bien comprendre le potentiel de production des fourrages? Même si la composition chimique d'un fourrage n'est qu'un reflet du potentiel de production d'un fourrage, puis-je m'en passer?

CONCLUSION

Les fourrages sont une ressource très importante sur la ferme laitière du Québec.

La ration de base des vaches laitières se doit d'être des fourrages et n'oublions pas que ce concept est toujours vrai même pour la vache « forte productrice ».

Étant donné que la qualité des fourrages est très variable et puisque la qualité des fourrages est un facteur déterminant dans le coût de production d'un hectolitre de lait, il est **ESSENTIEL** d'identifier la composition chimique des fourrages de la façon la plus précise possible.

La marge d'erreur à la ferme est immense comparativement à la marge d'erreur réalisée en laboratoire. Les erreurs associées à l'échantillonnage du foin (1 balle vs 12 balles) représentent un montant de 4000 $!!!! À nous d'y voir!

Une fois les résultats d'analyses disponibles, il est essentiel de bien les interpréter.

Un fourrage de haute qualité contient une proportion élevée d'éléments nutritifs digestibles, il est consommé en grandes quantités et permet les plus hauts niveaux de production et ce, au meilleur coût.

Un fourrage de qualité est non seulement économique mais a aussi un potentiel de production de lait plus élevé.

Maximiser l'utilisation des fourrages de qualité, c'est minimiser le coût de production du lait tout en maximisant la santé des vaches.

Les concentrés sont des compléments aux fourrages et non des substituts aux fourrages.

Au Québec, l'impact économique d'un fourrage récolté jeune vs récolté mature (plus ou moins un écart-type) représente un montant de 8000 $ par année pour un troupeau moyen.

SACHANT QUE LA QUALITÉ DES FOURRAGES EST TRÈS VARIABLE, PUIS-JE ME PERMETTRE DE NE PAS BIEN IDENTIFIER SA VALEUR NUTRITIVE? PUIS-JE ME PASSER D'UNE ANALYSE DE FOURRAGE?

ANNEXE 1

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

FOINS (PRÉDOMINANCE DE GRAMINÉES — 70% ET PLUS)

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE Base sèche (100% M.S.)					
		P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENl Mcal/kg
87	7842	12,0 (1,9)	0,59 (0,19)	0,24 (0,05)	0,16 (0,05)	39,4 (3,1)	1,12
86	8267	11,6 (2,1)	0,62 (0,20)	0,24 (0,05)	0,16 (0,04)	38,2 (3,1)	1,19
85	7479	11,0 (2,0)	0,61 (0,20)	0,23 (0,04)	0,17 (0,05)	39,9 (3,0)	1,10
84	7980	11,1 (2,3)	0,63 (0,21)	0,24 (0,05)	0,17 (0,04)	39,9 (3,3)	1,10

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENl : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

ANNEXE 2

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

FOINS (PRÉDOMINANCE DE LÉGUMINEUSES — 70% ET PLUS)

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE Base sèche (100% M.S.)					
		P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENl Mcal/kg
87	2482	15,0 (2,5)	0,93 (0,28)	0,26 (0,05)	0,21 (0,05)	38,2 (3,5)	1,22
86	2772	15,1 (2,7)	0,95 (0,28)	0,27 (0,05)	0,20 (0,07)	37,6 (3,7)	1,24
85	3366	15,2 (2,6)	1,05 (0,29)	0,25 (0,04)	0,22 (0,06)	37,4 (3,9)	1,24
84	3829	15,3 (2,8)	1,02 (0,29)	0,27 (0,05)	0,22 (0,06)	38,1 (4,1)	1,22

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENl : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

ANNEXE 3

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

FOINS (MÉLANGE DE GRAMINÉES ET LÉGUMINEUSES)

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE Base sèche (100% M.S.)					
		P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENℓ Mcal/kg
87	5376	13,4 (2,1)	0,78 (0,24)	0,25 (0,05)	0,18 (0,05)	38,7 (3,2)	1,19
86	7720	13,8 (2,3)	0,80 (0,23)	0,27 (0,04)	0,18 (0,05)	38,3 (3,1)	1,20
85	5096	12,5 (2,2)	0,83 (0,26)	0,24 (0,04)	0,20 (0,06)	39,1 (3,3)	1,18
84	4944	12,8 (2,5)	0,84 (0,25)	0,25 (0,05)	0,19 (0,05)	39,3 (3,7)	1,17

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENℓ : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

ANNEXE 4

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

ENSILAGES D'HERBES (PRÉDOMINANCE DE GRAMINÉES — 70% ET PLUS)

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE Base sèche (100% M.S.)						
		M.S. %	P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENℓ Mcal/kg
87	2523	34,6 (9,5)	14,5 (2,7)	0,71 (0,27)	0,28 (0,05)	0,19 (0,05)	36,0 (3,9)	1,29
86	2375	37,0 (10,2)	14,6 (2,6)	0,74 (0,26)	0,28 (0,05)	0,19 (0,05)	35,4 (3,6)	1,31
85	2102	35,3 (9,4)	14,2 (2,8)	0,74 (0,28)	0,27 (0,05)	0,20 (0,06)	37,0 (3,9)	1,24
84	1967	34,8 (9,5)	14,2 (3,0)	0,74 (0,28)	0,29 (0,06)	0,20 (0,06)	38,0 (4,2)	1,20

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENℓ : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

ANNEXE 5

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

ENSILAGES D'HERBES (PRÉDOMINANCE DE LÉGUMINEUSES — 70% ET PLUS)

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE Base sèche (100% M.S.)						
		M.S. %	P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENℓ Mcal/kg
87	2255	38,2 (10,0)	16,9 (2,8)	1,09 (0,30)	0,29 (0,05)	0,22 (0,06)	35,4 (4,4)	1,29
86	2571	38,7 (10,4)	17,2 (2,7)	1,09 (0,27)	0,30 (0,06)	0,22 (0,05)	35,7 (4,2)	1,28
85	2952	38,3 (9,6)	17,2 (2,8)	1,17 (0,27)	0,28 (0,04)	0,23 (0,06)	36,0 (4,3)	1,28
84	2591	37,3 (9,9)	17,2 (2,9)	1,14 (0,28)	0,30 (0,05)	0,23 (0,06)	36,8 (4,7)	1,26

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENℓ : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

ANNEXE 6

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

ENSILAGES D'HERBES (MÉLANGE DE GRAMINÉE ET LÉGUMINEUSES)

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE Base sèche (100% M.S.)						
		M.S. %	P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENℓ Mcal/kg
87	2911	37,2 (9,6)	15,2 (2,6)	0,91 (0,29)	0,28 (0,05)	0,20 (0,06)	36,5 (4,1)	1,26
86	2902	38,8 (9,9)	15,4 (2,5)	0,92 (0,26)	0,29 (0,05)	0,20 (0,05)	35,9 (4,0)	1,28
85	2245	36,8 (9,5)	15,1 (2,6)	0,96 (0,28)	0,28 (0,05)	0,22 (0,06)	37,0 (4,2)	1,24
84	1997	37,0 (9,6)	14,9 (2,7)	0,95 (0,28)	0,29 (0,05)	0,21 (0,06)	37,9 (4,4)	1,21

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENℓ : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

ANNEXE 7

COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES DU QUÉBEC DE 84 À 87

ENSILAGES DE MAÏS

ANNÉE	NOMBRE	MOYENNE ET L'ÉCART-TYPE base sèche (100% M.S.)						
		M.S. %	P.B. %	Ca %	P %	Mg %	ADF %	ENℓ Mcal/kg
87	898	33,7 (5,6)	8,4 (1,0)	0,21 (0,06)	0,21 (0,04)	0,14 (0,03)	27,7 (4,1)	1,58
86	999	30,2 (6,1)	9,1 (1,2)	0,20 (0,06)	0,24 (0,04)	0,14 (0,03)	29,8 (4,2)	1,53
85	1297	31,4 (5,7)	8,8 (1,0)	0,24 (0,06)	0,22 (0,03)	0,16 (0,03)	28,3 (4,0)	1,57
84	1593	31,1 (5,4)	8,6 (1,0)	0,24 (0,06)	0,23 (0,04)	0,16 (0,03)	28,2 (4,0)	1,57

Notes: P.B. : Protéine brute
Ca : Calcium
P : Phosphore
Mg : Magnésium
ADF: Fibre par détergent acide
ENℓ : Énergie nette de lactation (évaluée à partir de l'ADF)

BIBLIOGRAPHIE

1. **ABRAMS, S.M., J.S. SHENK, M.O. WESTERHAUS,** et **F.E. BARTON, II.** 1987. Determination of Forage Quality by Near Infrared Reflectance Spectroscopy: Efficacy of Broad-Based Calibration Equations. J. Dairy Sci. 70:806-813.
2. **ANIMAL SCIENCE MINEOGRAPH SERIES.** 1986. Proceedings 1986 Dairy days. New York.
3. **BATH, D.L.** 1985. Symposium: The dairy cow of the future — Biological requirements for economic efficiency. Nutritional requirements and economics of lowering feed costs. J. Dairy Sci. 68:1579
4. **BENGTSSON S.** et **K. LARSSON 1984.** Prediction of the nutritive value of forages by near infra-red reflectance photometry. J. Sci. Food Agri., 35:951-958.
5. **BROWN, W.F.,** et **J.E. MOORE,** 1987. Analysis of Forage Research samples utilizing a combination of wet chemistry and near infra-red reflectance spectroscopy. J. Anim. Sci.. 64:271-282.
6. **CLARK, J.H., M.R. MURPHY,** et **B.A. CROOKER.** 1987. Symposium: Alternate feed sources for dairy cattle. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. J. Dairy Sci. 70:1092.
7. **C.P.A.Q.** Répertoire des méthodes d'analyse des aliments du bétail Agdex 400-55. 1975.
8. **CPAQ.** Guide sur l'échantillonnage et l'analyse des aliments du bétail. Agdex 400.54. 1985.
9. **CARLE, D.** 1988. L'autosuffisance à la ferme par les fourrages. Journées agricoles de Sherbrooke, le 17 février 1988.
10. **COMEAU, E.** et **R. LESSARD.** 1983. Connaître les principes pour réussir un bon ensilage. Symposium bovins laitiers, 1983 pp. 11.
11. **CONRAD, H.R., W.P. WEISS, W.O. ODWONGO,** et **W.L. SHOCKEY.** 1984. Our industry today. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. J. Dairy Sci. 67:427.

12. **COPPOCK, C.E., C.G. WOELFEL,** et **R.L. BELYEA.** 1981. Forage and feed testing programs. J. Dairy Sci. 64:1625.
13. **COPPOCK, C.E.** 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 68:3403.
14. **DAVIES, A.M.C.** et **A. GRANT.** 1987. Review: Near infra-red analysis of food. International Journal of Food Science and Technology, 22:191-207.
15. **DOWNEY, G.,** et **BYRNE S.** 1987. Protein determination of wheat in trade by near infra-red reflectance spectroscopy. Science des Aliments. 7:325-336.
16. **ENSMINGER, M.E.,** et **C.G. OLENTINE.** 1978. Feeds and nutrition — complete pp. 199.
17. **HENRY, ROBERT J.** 1985. Use of a scanning near infra-red reflectance spectrophotometer for assessement of malting potential of barley. J. Sci. Food Agri. 36:249-254.
18. **HOARD'S DAIRYMAN.** 1984. Dairy forage guide for north central and northeastern states.
19. **HOLTER, J.B.** 1983. Our industry today. Aspects of storing and sampling ensiled forages. J. Dairy Sci. 66:1403.
20. **HUTJENS, M.F.** 1986. Feeding the high producing dairy herd. Degussa technical Symposium, april 9, pp. 27-35.
21. **ISAAC, R.R.** et **N.W.C. JOHNSON.** 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue using a BD-40 digestion. Journal of the A.O.A.C. 59, 98-100.
22. **ISAAC, ROBERT A.,** et **JOHNSON WILLIAM C.** 1984. Near infrared reflectance spectroscopic determination of protein nitrogen in plant tissue. J. Assoc. Off. Anal. Chem. vol. 67, no. 3, 506-509
23. **JALBERT, J., E. BLOCK, B. FARMER,** et **M. LÉONARD.** 1986. Stratégie alimentaire à considérer pour les troupeaux laitiers de très forte productivité. Symposium bovins laitiers, 1986. pp. 31
24. **KAWAS, J.R., N.A. JORGENSEN, A.R. HARDIE,** et **J.L. DANELON.** 1983. Change in feeding value of alfalfa with stage of maturity and concentration level. Presented at asda meetings. Suppl. 1 to J. Dairy Sci. 66:181 (abstract)
25. **LARSEN, R.E.** et **G.H. JONES.** 1973. Effects of different dry matter determination methods on chemical composition and in vitro digestibility of silages. Can. J. Anim. Sci. 53:753-760
26. **LENG, R.A.** et **J.V. NOLAN.** 1984. Symposium: protein nutrition of the lactating dairy cow. Nitrogen metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. 67:1072
27. **LEVALLOIS, R.** et **J.P. PERRIER,** 1986. Symposium sur les plantes fourragères. Importance économique de la qualité d'un fourrage. CPAQ, Agdex 120.
28. **LINGREN, ERIK.** 1983. The use of near infrared reflectance spectroscopy for predicting energy value of grass. Swedish J. Agric. Res. 13:229-233.
29. **MARTEN, GORDON C.** 1985. Hay Quality is mostly opinion without tests. Alfalfa Hay seen in new light. Agricultural Research, sept., 2-9
30. **MARTEN G.C., BRINK G.E., BUXTON D.R., HALGERSON J.L.** et **Horsntein J.S.,** 1984. Near infra-red reflectance spectroscopy analysis of forage quality in four legume species. Crop Science, vol. 24, nov.-dec. 1179-1182.
31. **EXPERT COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION.** 1983. Laboratory evaluation of farm grown forage — II. Proceedings of the second ECAN workshop, Winnipeg, Manitoba, 30-31 may.
32. **MARTZ, F.A.** et **R.L. BELYEA.** 1986. Symposium: forage utilization by the lactating cow. Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. J. Dairy Sci. 69-1996
33. **MERTENS, D.R.** 1985. Effect of fiber on feed quality for dairy cows. 46th Minnesota nutrition conference, sept. 16-78, pp. 209-224.
34. **MILLIGAN, R.A.,** et **C.J. SNIFFEN,** 1983. Increasing productivity and profit without increasing purchased feed costs. Northern New York seminars.
35. **MURRAY, IAN** et **P. HALL.** 1983. Animal feed evaluation by use of near infra-red reflectance spectro-computer. Analytical proceedings (London) vol. 20, no 2, 75-79.
36. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** 1978. Nutrient requirements of dairy cattle, National Academy Press, Washington, D.C.

37. **NOËL, R.J.** et **L.G. HANBLETON.** 1976. Collaborative Study of a Semiautomated method for the determination of Crude protein in animal feeds. Journal of the A.O.A.C. 59: no 1, 134-140.
38. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980. 2.062.
39. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980, 2.507
40. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980. 7.003
41. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980, 7.004
42. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980, 7.022 à 7.024.
43. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980, 7.026 A.
44. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition, 1980, 7.026 B à 7.031.
45. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition 1980, 7.069.
46. **OFFICIAL METHODS OF ANALYSES OF THE A.O.A.C.,** 13e edition 1980, 7.094 A.
47. **O'KEEFFE M., G. DOWNEY** et **J.C. BROGAN.** 1987. The use of near infra-red reflectance spectroscopy for predicting the quality of grass silage. J. Sci. Food Agric., 38, 209-216.
48. **PARNELL A.** et **J. WHITE.** 1983. The use of near infra-red reflectance analysis in predicting the digestibility and the protein and water soluble carbohydrate contents of perennial ryegrass. J. Natn. Inst. Agric. Bo., 16, 221-227.
49. **REDSHAW E.S., G.W. MATHISON, L.P. MILLIGAN** et **R.D. WEISENBURGER.** 1986. Near infrared reflectance spectroscopy for predicting forage composition and voluntary consumption and digestibility in cattle and sheep. Can. J. Anim. Sci., 66:103-115.
50. **SHENK J.S., M.O. WESTERHAUS** et **M.R. HOOVER.** 1979. Analysis of forages by infra-red reflectance. J. Dairy Sci., 62:807-812.
51. **SHENK J.S.** et **M.O. WESTERHAUS.** 1985. Accuracy of NIRS instruments to analyse forage and grain. Crop Science, vol. 25, 1120-1122.
52. **SNIFFEN, C.J.** et **P.H. ROBINSON.** 1987. Symposium: protein and fiber digestion, passage, and utilization in lactating cows. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. J. Dairy Sci. 70:425.
53. **STARR C., J. SUTTLE, A.G. MORGAN** et **D.B. SMITH.** 1985. A comparison of sample preparation and calibration techniques for the estimation of nitrogen, oil and glucosinolate content of rapeseed by near infrared spectroscopy. J. Agri. Sci. (Camb.) 104:317-323.
54. **WALDO, D.R.** 1986. Symposium: forage utilization by the lactating cow. Effect of forage quality on intake and forage — concentrate interaction. J. Dairy Sci. 69:617.

LE DOSAGE DE LA PROGESTÉRONE CHEZ LA VACHE: PRINCIPES, APPLICATIONS ET LIMITES

Denis Harvey,
Denis Vaillancourt,
Gilles Rivard,
Denis Giroux.

INTRODUCTION

Grâce à la recherche et au développement de nouvelles technologies, la gestion de la reproduction des troupeaux laitiers a énormément évolué et les impératifs économiques ont aussi obligé le producteur d'aujourd'hui à rentabiliser son entreprise agricole. L'insémination artificielle (IA) a probablement été un des développements biotechnologiques important pour l'industrie laitière. Cette technique a permis d'accélérer l'évolution du potentiel génétique du cheptel laitier depuis une quarantaine d'année en Amérique du Nord. Ce mode de reproduction a rendu accessible les taureaux laitiers avec les meilleurs potentiels génétiques et a rendu possible le contrôle des maladies transmises lors de l'accouplement naturel. Aujourd'hui, la majorité des élevages laitiers utilisent l'IA et, conséquemment, l'éleveur se doit de bien connaître le cycle reproducteur de la vache et surtout les signes d'oestrus (ou chaleur) afin de déterminer le meilleur moment pour l'IA. Idéalement, le taux de conception du troupeau devrait être près de 90% après 2 saillies avec un nombre de jours ouverts de 85 à 100 jours (9).

MÉTHODES DE DÉTECTION OESTRALE

Généralement, la détection de l'oestrus est basée sur l'observation de symptômes tels que: la nervosité de l'animal, la diminution de la production laitière, le beuglement constant, la diminution de l'appétit, l'intensité de l'activité physique, l'enflure de la vulve et l'évidence d'écoulement de mucus clair. L'observation du comportement des vaches libres dans un parc ou enclos peut aussi servir à déterminer l'oestrus (4).

Afin d'augmenter le taux de détection de chaleur, plusieurs techniques sont proposées au producteur laitier. Des marqueurs (i.e. K-MAR, Tail Paint) comme indicateur de monte, le podomètre ou l'utilisation de système d'enregistrement continu sur magnétoscope pour évaluer l'intensité de l'activité physique, la sonde vaginale pour mesurer les variations de conductivité électrique du mucus vaginal, l'utilisation d'un animal (mâle ou femelle) comme souffleur (« teaseur ») et finalement l'induction hormonale (PGF_2) de l'oestrus sont tous des techniques bien décrites (4). Les principales limites de ces techniques sont: 1) la nécessité d'instruments plus ou moins sophistiqués; 2) la possibilité de transmission de maladies; 3) l'inefficacité du traitement hormonal en certaines périodes du cycle et 4) les coûts supplémentaires inhérents à chaque technique.

Même s'il est possible d'améliorer le pourcentage de détection des chaleurs d'un troupeau en augmentant la durée et la fréquence des périodes d'observation durant la journée, l'éleveur est souvent limité dans le temps qu'il peut consacrer à la surveillance de ses vaches. De plus, la majorité des vaches sont actives surtout durant la nuit ou tôt le matin. Il existera donc toujours un certain pourcentage de chaleur difficile ou impossible à détecter adéquatement seulement avec l'observation directe.

Théoriquement, le dosage de certaines hormones pourraient faciliter la détection oestrale et même permettre de prédire le début du prochain

oestrus ou le temps de l'ovulation. Les variations de certaines hormones telles que la progestérone ou la LH sont bien décrites durant le cycle oestral chez la vache (Figures 1 et 2). Des études qui datent déjà de plusieurs années ont démontré que le dosage en laboratoire de la progestérone dans le lait permettait de bien identifier les cycles oestraux ainsi que de déceler les vaches en anoestrus post-partum et les vaches non gravides après IA (3,7). Les principaux inconvénients de la technique de dosage utilisée alors étaient le besoin d'équipement sophistiqué et de plusieurs heures de manipulation et d'attente avant d'obtenir les résultats. De plus, ces premières études étaient généralement basées sur la collecte d'échantillons de lait à tous les 2 jours durant toute la période évaluée (7). Depuis le développement d'une technique plus simple (ELISA) permettant un dosage rapide de la progestérone dans le lait, on assiste à un regain d'intérêt pour le dosage de la progestérone dans l'industrie laitière.

Avant de discuter de la technique du dosage et de ses avantages et limites, une brève revision de la physiologie du cycle oestral et du profil de la progestérone chez la vache laitière s'impose.

ANOESTRUS PRÉ- ET POST-SAILLIE

L'anoestrus pré- et post-saillie est probablement la cause la plus importante de la diminution de la performance en reproduction des troupeaux laitiers (14). Près de la moitié des chaleurs ne sont pas observées dans la plupart des troupeaux laitiers, ce qui entraîne une augmentation de l'intervalle des vêlages. Le manque de temps consacré à l'observation des chaleurs et l'absence de signes de chaleur chez certaines vaches sont les causes les plus fréquentes de l'anoestrus pré- ou post-saillie, i.e. avant et après IA (14).

Malgré une gestion adéquate de troupeau et une bonne tenue des dossiers, l'éleveur est toujours confronté à la difficulté que représente la détection des chaleurs tant que ses vaches ne sont pas confirmées gestantes.

PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

LE CYCLE OESTRAL

Tel qu'observé par l'éleveur, le cycle oestral pourrait être divisé en 2 phases soit la phase folliculaire ou oestrale d'une durée moyenne de 24 h et la phase progestationnelle ou dioestrale d'une durée moyenne de 20 jours. Le cycle oestral (CO) chez la vache laitière dure donc en moyenne 21 jours, variant de 18 à 24 jours durant toute l'année.

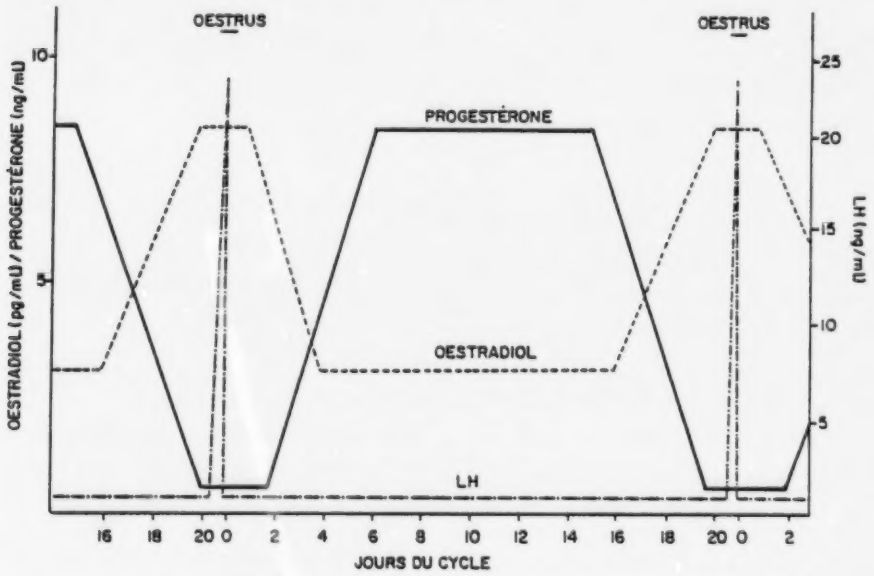
L'oestrus dure de 10 à 21 h chez 85% des taures et 13 à 27 h chez 93% des vaches. L'ovulation se produit entre 10 à 15 h après la fin de l'oestrus. Plus de 80% des oestrus et ovulations surviennent durant la soirée ou la nuit, entre 16 et 4 heures (10). Les symptômes caractéristiques de l'oestrus sont plus remarquables chez la taure que chez la vache, avec cependant une grande différence individuelle. Le taux de détection d'oestrus augmente graduellement après le vêlage. Finalement, de 3 à 6% et jusqu'à 18% des vaches démontrent des signes d'oestrus durant le premier trimestre de la gestation (10).

ENDROCRINOLOGIE:
CORPS JAUNE — DIOESTRUS — PROGESTÉRONE

Le CO se divise en 4 phases: l'oestrus, le metoestrus, le dioestrus et le proestrus. Bien que cette division du CO semble académique, chacune de ces phases correspond à des étapes où surviennent les variations bien précises des concentrations de certaines hormones du système reproducteur.

Ainsi, l'oestrus est la phase où la concentration de la progestérone est basse (< 1 ng/ml dans le sang ou < 5 ng/ml dans le lait) alors que les oestrogènes sécrétés par le follicule pré-ovulatoire sont à des concentrations maximales. Le pic de la LH qui survient au début de l'oestrus (4-6 h) ne persiste que quelques heures (13). Ce pic étant de très courte durée, le dosage de la LH n'est pas utilisable pour détecter l'oestrus et surtout pour prévoir le temps d'ovulation (Figure 1).

Figure 1:
REPRÉSENTATION SCHÉMATISÉE DES CHANGEMENTS ENDOCRINIENS DANS LE SANG PÉRIPHÉRIQUE DE LA VACHE PENDANT LE CYCLE OESTRAL.



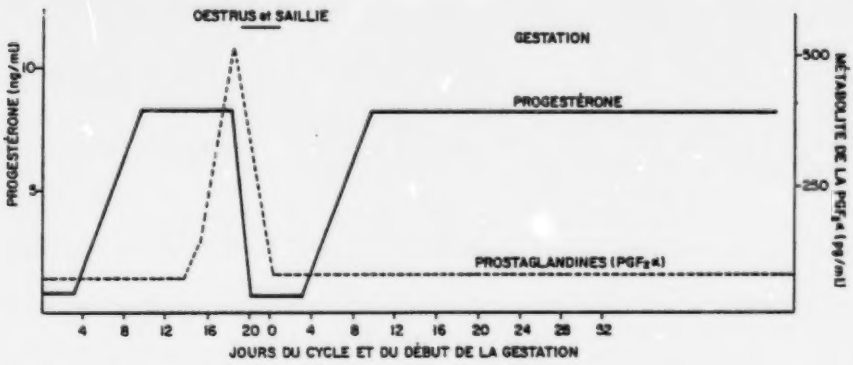
Le metoestrus est une période de 3 à 5 jours qui s'étend de l'ovulation à l'« entrée » de l'embryon dans l'utérus. Durant cette période, le follicule se transforme après l'ovulation en une structure lutéale, le corps jaune. Cette structure est responsable de la synthèse de la progestérone durant cette période et la suivante. La production de la progestérone commence seulement vers le troisième jour post-ovulation et augmente progressivement les jours suivants (Figure 1).

Le dioestrus qui dure du 5e au 16-18è jour post-ovulatoire est caractérisé par la présence du corps jaune ovarien qui sécrète en grande quantité (5-7 ng/ml dans le sang et > 7 ng/ml dans le lait) la progestérone. Généralement, la vache, sous l'influence de cette hormone, ne manifeste pas de signes d'oestrus.

Chez la vache non gravide, le corps jaune commence à régresser (i.e. lutéolyse) vers le 16-18è jour du CO sous l'influence de la libération de PGF_2 par l'utérus (Figure 2). La destruction du corps jaune, la lutéolyse, entraîne

une baisse progressive de la concentration de la progestérone durant les prochains 48 h. Cette période caractérisée par la lutéolyse du corps jaune et la diminution de la progestérone est le proestrus. Par contre, s'il y a conception, la synthèse de la progestérone par le corps jaune continue, après le 18è jour, à cause de la présence d'un embryon dans l'utérus (Figure 2). La concentration élevée de la progestérone est essentielle au maintien de la gestation chez la vache.

Figure 2:
NIVEAU SCHÉMATISÉ DE LA PROGESTÉRONE ET DES MÉTABOLITES DE LA PROSTAGLANDINE $F_{2\alpha}$ DANS LE SANG PÉRIPHÉRIQUE DE LA VACHE PENDANT LE CYCLE OESTRAL ET AU DÉBUT DE LA GESTATION.



Du point de vue pratique, une concentration élevée de progestérone correspond à la présence d'un corps jaune fonctionnel qui se retrouve sur l'un des ovaires entre les jours 5 et 18 du CO. D'autre part, une faible concentration du progestérone indique l'absence de corps jaune fonctionnel et correspond à la période allant de la fin du proestrus jusqu'aux premiers jours du metoestrus, soit une période de 5 jours. Conséquemment, le dosage de la progestérone est un excellent indice pour vérifier la fonction ovarienne mais ne permet pas de préciser avec 1 seul échantillon le stade du CO.

PRINCIPE DU DOSAGE DE LA PROGESTÉRONE DANS LE LAIT

Jusqu'à récemment, le dosage de la progestérone dans le lait ne pouvait se faire que par la technique radio-immunologique. L'utilisation de cette technique très fiable, n'était pas pratique puisqu'il fallait avoir recours à un laboratoire spécialisé pour les analyses. La mise au point de dosage immuno-enzymatique de la progestérone, rapide et fiable, pouvant même être réalisée sur la ferme, devrait maintenant permettre de généraliser l'utilisation de ce nouvel outil de gestion de la reproduction dans nos troupeaux. Il est à noter que ces dosages immuno-enzymatiques sont déjà utilisés, entre autre pour la détection des anticorps contre plusieurs maladies comme le BVD, l'IBR et même la leucose. Des trousses pour le dosage des anticorps dans le colostrum, qui permettent d'évaluer la qualité de ce colostrum, seront bientôt commercialisées. Cette technologie va donc être de plus en plus utilisée et ses applications sur la ferme même vont se multiplier dans les années à venir.

LES MÉTHODES IMMUNO-ENZYMATIQUES ET L'ELISA

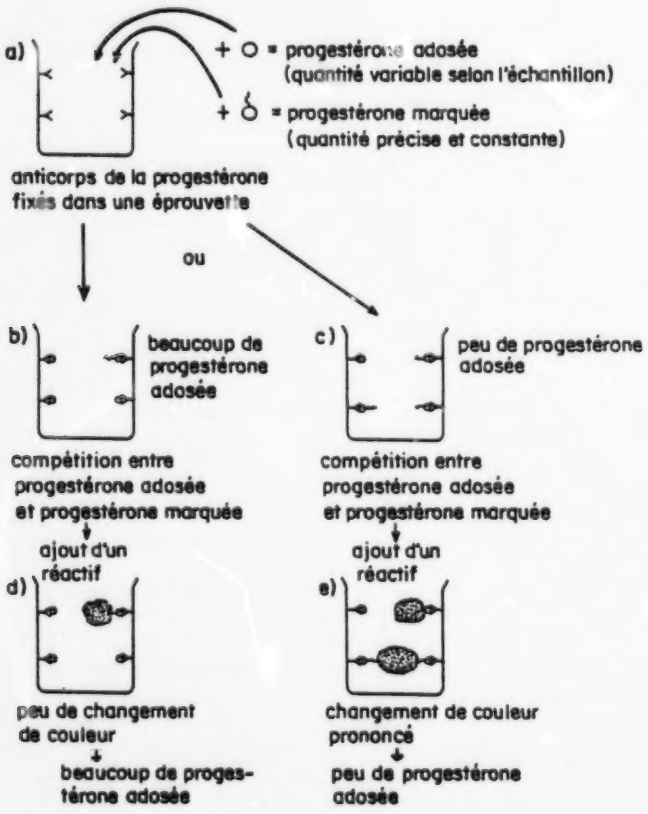
Principes généraux

Les méthodes immuno-enzymatiques sont basées sur l'utilisation d'un enzyme marqueur fixé soit sur un anticorps, soit sur un antigène. La présence

de cet enzyme permettra, comme nous le verrons plus loin, la détection de la réaction antigène-anticorps. Comme définition simplifiée, on peut dire que toutes substances responsables d'une réaction immunologique spécifique peut être appelées antigènes. L'anticorps peut se définir comme une globuline plasmatique (une protéine dans le sang) ayant acquis la propriété de réagir spécifiquement avec un antigène. La production des anticorps est attribuée au plasmocyte du tissu lymphoïde et est provoquée par l'antigène correspondant. Lorsque l'on met en présence un antigène et son anticorps correspondant, il y a fixation de l'antigène et de l'anticorps pour former un complexe immun. Bien que cette réaction puisse parfois être visible et se traduire par des phénomènes de précipitation par exemple, l'association antigène/anticorps est le plus souvent invisible. Il est donc la plupart du temps nécessaire de recourir à des artifices techniques pour mettre en évidence la réaction antigène/anticorps.

L'ELISA (enzyme link immuno-sorbant assay) est une méthode immuno-enzymatique qui utilise une quantité précise d'anticorps fixée sur une phase solide (tube de plastique, languette de plastique. . .) (Figure 3). Ces anticorps fixés permettent alors de capter l'antigène présent dans la solution à tester. Le complexe immun ainsi formé est mis en évidence grâce à l'utilisation d'enzymes comme marqueur. Un substrat va servir de révélateur de la réaction immuno-enzymatique en modifiant la coloration du milieu (2,5). La plupart des trousses de dosage rapide de la progestérone, actuellement disponibles, utilisent la technique ELISA d'immuno-compétition. Cette technique utilise une quantité connue de progestérone marquées avec un enzyme qui est mis en compétition avec de la progestérone non marquée (Figure 3a). La proges-

Figure 3:
PRINCIPE DE L'ELISA PAR IMMUNO-COMPÉTITION POUR LE DOSAGE QUALITATIF DE LA PROGESTÉRONE DANS LE LAIT.



térone marquée et non marquée se liera aux anticoprs fixés sur le support. Si la progestérone marquée est en grande quantité par rapport à la progestérone non marquée à doser, la majeure partie des complexes immuns formés sera marquée (Figure 3c). Par contre, si la progestérone à doser est beaucoup plus abondante que la progestérone marquée, les complexes immuns formés porteront beaucoup moins d'enzymes (Figure 3b). Après un temps d'incubation pré-déterminé, la progestérone non fixée est simplement éliminée par lavage. Un substrat est alors ajouté dans le tube. Ce substrat réagira avec les enzymes liés aux complexes immuns, eux-mêmes fixés sur le tube. Cette réaction fera changer la coloration du milieu. Cette coloration est alors proportionnelle à la quantité de progestérone marquée qui s'est fixé sur les anticorps. Plus la quantité de progestérone marquée et fixée est importante, moins la progestérone à doser est élevée. Dans ce cas, la coloration du milieu sera forte puisqu'il y a beaucoup d'enzymes pour réagir avec le substrat (Figures 3d et 3e). Le résultat obtenu est soit qualitatif, soit quantitatif selon la trousse utilisée. Pour les résultats qualitatifs, c'est la couleur dans les tubes qui est comparée à une couleur dans un tube standard. Si la couleur est plus foncée dans l'échantillon que dans le standard, on peut conclure en l'absence d'un corps jaune fonctionnel chez l'animal évalué. Par contre, si la couleur dans l'échantillon est plus pâle que le standard, on est en présence d'un corps jaune fonctionnel chez cet animal. Pour les trousses qui utilisent des languettes de plastique plutôt que des tubes, c'est le changement de couleur de la languette qui est utilisée. Pour l'évaluation quantitative des résultats, le principe de comparaison avec des standards est le même mais la lecture est faite avec un spectrophotomètre. L'avantage des épreuves qualitatives sur les épreuves quantitatives est qu'elle requiert moins d'équipement, moins de temps et moins d'expertise technique pour obtenir des résultats. Ces techniques qualitatives, même si elles ne permettent pas de déterminer la quantité absolue de progestérone dans un échantillon, indiquent quand même s'il y a ou non présence d'un corps jaune fonctionnel chez l'animal. Dans la plupart des situations pratiques, la réponse à cette question est suffisante.

APPLICATIONS PRATIQUES DU DOSAGE RAPIDE DE LA PROGESTÉRONE DANS LE LAIT

1) Comme aide pour confirmer la chaleur.

Selon différentes études, entre 5 et 22% des vaches sont inséminées pendant la phase lutéale (12). En plus de n'être évidemment pas fertile, ces saillies inutiles peuvent même entraîner l'avortement chez une vache gestante. On comprend donc que l'évaluation du niveau de progestérone chez un animal qui présente des signes mitigés d'oestrus peut s'avérer très rentable. Si la progestérone est élevée, la vache ne devrait pas être inséminée. Une épreuve rapide de progestérone dans le lait ne doit donc pas être considérée comme un détecteur d'oestrus mais plutôt servir à ne pas inséminer les vaches qui ne sont pas en chaleur.

2) Comme aide pour identifier les animaux non gravides (anestrus post-saillie).

Une des applications les plus prometteuses du dosage rapide de la progestérone dans le lait est de permettre de vérifier si une vache revient en chaleur 19 à 23 jours après une saillie. Si, à ce moment-là, la vache n'est pas gestante, elle devrait normalement être en période péri-oestrale. La concentration de la progestérone dans son lait est alors faible. Au contraire, si cet animal est soit gestant, soit en phase lutéale, alors son taux de progestérone est élevé (Figure 2). Il a été montré dans plusieurs études que près de 100% des vaches qui avaient un niveau bas de progestérone 19 à 23 jours après la saillie n'étaient pas gestantes tandis que 70 à 75% de celles qui avaient

un niveau élevé de progestérone sont gestantes (1, 6, 11). Avec cette technique, on a donc près de 0% de faux négatif mais jusqu'à 25% de faux positif (erreur sur le diagnostic de gestation). Ce fort pourcentage de faux positif peut s'expliquer de plusieurs façons:

a) Prise de l'échantillon de lait à un mauvais moment, donc en phase lutéale (Figure 1).

b) Insémination au mauvais moment, l'animal est donc en phase lutéale 21 jours plus tard.

c) Un problème de mortalité embryonnaire entraînant un allongement du cycle.

d) Un problème de cycle de longueur irrégulière chez un animal.

e) Une pathologie utérine.

f) Une pathologie ovarienne (kyste lutéinique).

De ces 6 causes de faux positif, les 2 premières sont beaucoup plus fréquentes puisqu'elles touchent souvent plusieurs animaux dans le même troupeau. On comprend donc que dans un troupeau qui a des problèmes de détection de chaleurs, le pourcentage de faux positif augmentera beaucoup. Pratiquement, les vaches qui ont un niveau bas de progestérone entre 19 et 23 jours après la saillie devraient recevoir une injection de prostaglandine 7 à 10 jours plus tard pour être réinséminées au plus vite si elles n'ont pas montré de signes d'oestrus entre-temps. Par contre, tous les animaux qui présentent un niveau élevé de progestérone devraient voir leur gestation confirmée par palpation entre 30 et 60 jours après la saillie. Si plus de 20 à 25% des animaux qui présentaient un haut niveau de progestérone 21 jours après la saillie ne sont pas gestants au moment de la palpation rectale, il faudra alors évaluer la technique de détection des chaleurs dans ce troupeau.

3) Comme aide dans le diagnostic différentiel des anestrus post-partum.

Après le vêlage, l'anestrus est un phénomène physiologique normal. Il ne doit cependant pas excéder une certaine durée si l'on veut maintenir un intervalle vêlage/vêlage acceptable. La durée physiologique d'un anestrus post-partum varie d'une vache à l'autre en fonction de son âge, de son type de production, de sa nutrition et de son état de santé. Si 35 à 40 jours après le vêlage, une vache n'a pas encore montré des signes de chaleur, il est alors important de faire la différence entre un anestrus vrai et un problème de détection de chaleur. Si chez un animal en anestrus le niveau de progestérone est élevé dans le lait, on peut conclure en la présence d'un corps jaune fonctionnel. L'animal peut alors soit être traité avec des prostaglandines et sailli 3 ou 4 jours plus tard au moment de l'oestrus, soit être surveillé de plus près et être sailli au moment de la chaleur naturelle de 3 à 16 ou 17 jours plus tard. Si, par contre, chez un animal en anestrus post-partum, le niveau de progestérone dans le lait est bas, il y a alors deux possibilités. Cet animal peut être en chaleur au moment de l'échantillonnage; il faudra alors reprendre un échantillon 10 jours plus tard, à ce moment-là, la progestérone devrait être élevée et l'animal pourra être traité avec des prostaglandines. Par contre, si 10 jours après le premier échantillon bas, le niveau de progestérone est encore bas, on doit alors conclure à un anestrus vrai et cet animal devrait être examiné par voie rectale.

4) Suivi de l'efficacité d'un traitement hormonal.

Les traitements hormonaux ont pour but de restaurer une cyclicité normale pour éventuellement saillir la vache. Il est donc important de pouvoir vérifier l'efficacité d'un traitement le plus rapidement possible afin de réintervenir si les résultats ne sont pas satisfaisants. La détermination du niveau

de progestérone est particulièrement pertinente dans les cas de problèmes de kystes ovariens. Il est en effet très difficile par palpation rectale de différencier un kyste folliculaire qui ne produit pas de progestérone et un kyste lutéinique qui, lui, produit de la progestérone. Le traitement de ces 2 pathologies n'étant pas le même, il est alors très intéressant de pouvoir les différencier rapidement. De plus, l'évaluation du traitement d'un kyste folliculaire peut être fait en vérifiant si le niveau de progestérone augmente 7 à 10 jours après le traitement. Si ce niveau n'augmente pas, il serait important de réexaminer l'animal. Par contre, si ce niveau augmente, on peut alors traiter la vache avec des prostaglandines et l'inséminer au moment de sa chaleur.

5) Comme aide pour déterminer le moment du vêlage.

Bien que cette application soit moins importante, dans certains cas particuliers il peut être intéressant de savoir si une vache va vêler d'ici 24 h. Si une vache semble présenter des signes de vêlage et que son niveau de progestérone est haut, on peut certifier que cet animal ne vêlera pas dans la prochaine journée. Par contre, si le niveau de progestérone est bas, cet animal devrait normalement vêler dans les heures qui suivent (8).

TROUSSES DE DOSAGE RAPIDE DE LA PROGESTÉRONE ACTUELLEMENT COMMERCIALISÉES AU QUÉBEC

Comme le montre le tableau 1, plusieurs trousses sont actuellement disponibles. De plus, comme les innovations et le marché pour ces trousses évoluent très rapidement, ce tableau sera vite incomplet. Ces différentes trousses ne nécessitent aucun matériel de laboratoire et impliquent des manipulations relativement simples et rapides. Le prix par échantillon varie relativement peu selon les compagnies. Les tests qui coûtent le plus cher à l'unité n'utilisent généralement pas de standard, ce qui augmente beaucoup le nombre d'épreuves possibles par trousse.

CONCLUSION

Les indications du dosage de la progestérone sont nombreuses. Le dosage rapide de la progestérone peut donc apporter à l'éleveur une aide précieuse pour la conduite rationnelle de la reproduction dans son troupeau. Ces dosages n'éliminent évidemment pas le travail de détection des chaleurs ou les examens transrectaux des animaux mais sont plus précis et plus faciles à utiliser que la plupart des autres techniques actuellement disponibles. Il est important de considérer ces dosages comme une aide qui agit en synergie avec la détection des chaleurs et la palpation transrectale et non comme une panacée aux problèmes de reproduction dans un troupeau. Les différents intervenants dans l'industrie laitière devront rester à l'affût du développement de ces techniques de dosage qui devraient, dans un avenir relativement proche, modifier sensiblement nos techniques de détection des chaleurs et de suivi de la reproduction chez la vache.

Tableau 1:

TROUSSES DE DOSAGE DE LA PROGESTÉRONE DANS LE LAIT DE VACHE DISPONIBLES AU QUÉBEC (88-05-11)

Nom Commercial	Manufacturier	Distributeur Canadien	Code CDMV	Format	Prix	Prix* par test	Conservation	Péremption	Temps Nécessaire	Type	Qualitatif Quantitatif	Matériel Supplémentaire
Bovitest	Clonatest France	Firme A. Turmel	N/A	25	184,50	7,38	Réfrigérer	12 mois	10 min.	Bandelette	Qualitatif	0
Catfcheck	Noctech Iriance	American Diagnostic Sales Inc.	7196	12	63,59	5,30	Réfrigérer	11 mois	10 mois	Bâtonnet	Qualitatif	0
			7197	30	137,48	4,58						
			7198	60	200,00	3,33						
Ovusure	Cambrioge Life Science Angleterre	Elanco	7427	92	220,75	2,40	Réfrigérer	12 mois	1 h +	Plateau	Qualitatif Quantitatif	Micropipette Micropipette Spectrophotomètre
Ovusure Cowside rapid tube kit	Cambridge Life Science Angleterre	Elanco	7428	24 (12-23)	86,80	3,78 à 7,23	Réfrigérer	12 mois	10 min.	Éprouvette	Qualitatif	0
Ovusure Rapid well kit	Cambridge Life Sciences Angleterre	Elanco	7425	16 à 31	72,80	3,24 à 4,55	Réfrigérer	12 mois	10 min.	Plateau	Qualitatif	0
Rapid Progesterone Test	Immucell U.S.A.	Immucell	3426	18 (9-17)	71,57	4,21 à 7,95	Réfrigérer	12 mois	10 min.	Éprouvette	Qualitatif	Peut-être interprété à l'oeil ou avec le lecteur
			3242	18+ (9-17)	150,03							
			3252	38+ (19-37)	134,78	3,64 à 7,10						
			3245	38 (19-37)	217,00							
Reproquant	Noctech Iriance	American Diagnostic Sales Inc.	7372	96	262,50	2,74	Réfrigérer	12 mois	1 h+	Plateau	Quantitatif	Micropipette Multiple Spectrophotomètre

* Prix au producteur: incluant l'utilisation des standards
\+ Incluant un appareil de lecture des tests.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Abdalla, A.Z., Bierschwal, C.J., Elmore, R.G., Youngquist, R.S., Sharp, A.J.** and **Garverick, H.A.** Concentrations of progesterone in milk as a monitor of early pregnancy diagnosis in dairy cows. Theriogenology 12: 3-10. 1979.
2. **Chaffaux, S.**et **Cardinaud, B.** Évaluation rapide du taux de progestérone dans le lait de vache par les nouveaux tests immuno-enzymatiques. Rec. Méd. vét. 163: 1055-1068. 1987.
3. **Cox, N.M., Thompson, F.N.** and **Culver, D.H.** Milk progesterone to predict reproductive status in a commercial dairy herd. J. Dairy Sci. 61: 1616-1621. 1978.
4. **Desmarchais, S., Harvey, D.** et **Lussier, R.** L'oestrus et sa détection. Symposium bov. laitiers. Oct. 1982. Pp. 61-70.
5. **Elmore, R.G.** Rapid progesterone assays: the latest in kit technology. Vet. Med. 81: 659-662. 1986.
6. **Elmore, R.G.** Using rapid progesterone assay kits to detect open cows. Vet. Med. 81: 969-971. 1986.
7. **Ginther, O.J., Nuti, L.C., Garcia, M.C., Wentworth, B.C.** and **Tyler, W.J.** Factors affecting progesterone concentration in cow's milk and dairy products. J. Anim. Sci. 146: 354-357. 1976.
8. **Parker, B.N.J., Foulkes, J.A., Jones, P.C., Dexter, I.** and **Stephens, H.** Prediction of calving times from plasma progesterone concentration. Vet. Rec. 122: 88-89. 1988.
9. **Radostits, O.M., Blood, D.C.** Dairy cattle maintenance of reproduction efficiency. In: Herd Health. W.B. Saunders, Toronto. 1985. P. 71.
10. **Roberts, S.J.** Bovine reproductive physiology. In: Veterinary Obstetrics and Genital Disease. Edwards Bro. 3nd edit. 1986. Pp. 434-438.
11. **Stanley, C.J., Paris, F., Webb, A.E., Heap, R.B., Ellis, S.T., Hamon, M., Worsfold, A.** and **Booth, J.M.** Use of a new and rapid milk progesterone assay to monitor reproductive activity in the cow. Vet. Rec. 118: 664-667. 1986.
12. **Sturman, H., Oltenacu, E.A.B.** and **Gengenbach, D.** Incidence and consequences of inseminating dairy cows with a high milk progesterone level. J. Anim. Sci. 53: 202-203. 1981.
13. **Wagner, W.C.** Normal hormonal profiles in the bovine. In: Current Therapy in Theriogenology (Morrow). W.B. Saunders, Toronto. 1980. Pp. 5-7.
14. **Zemjanis, R.** Anestrus in cattle. In: Current Therapy in Theriogenology (Morrow). W.B. Saunders, Toronto. 1980. Pp. 193-199.

LE LOGEMENT EN ÉTABLE FROIDE DONNE DES GÉNISSES EN SANTÉ

David Fisk,
Georges Lemire,
Laurent Larouche,
Marcel Dusseault

INTRODUCTION

Le succès d'une entreprise laitière dépend d'un programme adéquat d'élevage de génisses, avec un potentiel de production égal ou supérieur au troupeau actuel.

Bien qu'un taux de mortalité inférieur à 5% serait un objectif réalisable, un grand nombre de producteurs dépassent de beaucoup ce niveau, ce qui représente des pertes monétaires et génétiques importantes. Les statistiques américaines nous démontrent qu'en 1980, le taux de mortalité des veaux sur les fermes laitières était de 8 à 25%. Une étude en 1986 dans l'état de Pennsylvanie nous indique un taux moyen (jusqu'à l'âge d'un an) de 8,7% (14). Quoique les statistiques québécoises à ce sujet ne semblent pas être disponibles, on peut supposer que nos résultats ne sont pas meilleurs que ceux de nos voisins américains.

Il est important de souligner que les veaux qui ont contracté des maladies en jeune âge n'atteindront que rarement leur taux de gain maximum et ne développeront pas leur potentiel génétique (2,26). En plus, ils sont souvent des porteurs d'agents pathogènes.

Même si le logement des veaux à des températures froides est devenu une alternative bien réussie dans d'autres provinces et états voisins (7, 14, 17, 19, 23), il n'a pas encore reçu l'acceptation générale des producteurs laitiers du Québec. Le tableau I confirme cette affirmation, avec le résultat d'une cueillette

Tableau 1:
NOMBRE D'ÉTABLES FROIDES* POUR DES SUJETS DE REMPLACEMENT LAITIER PAR RÉGION AGRICOLE — CUEILLETTE DE DONNÉES DE MAI 1988.

Région agricole	Nombre approximatif de producteurs laitiers	Nombre de producteurs utilisant des étables froides*	%
01 - Bas du Fleuve	1 600	16	1,0
02 - Québec	2 600	85	3,3
03 - Beauce	2 200	10	0,5
04 - Bois-Franc	2 046	117	5,7
05 - Canton de l'Est	1 821	62	3,4
06 - St-Hyacinthe	1 458	29	2,0
07 - Sud de Montréal	1 400	50	3,6
08 - Outaouais	512	33	6,4
09 - Nord-Ouest	381	10	2,6
10 - Nord de Montréal	1 200	30	2,5
11 - La Mauricie	900	21	2,3
12 - Saguenay Lac St-Jean	900	7	0,8
Total:	**17 018**	**510**	**3,0**

* Incluant des huches, étables ouvertes, étables froides fermées, etc.

de données faite dans les divers bureaux de renseignements agricoles de la province à ce sujet.

Il nous dévoile que seulement 0,5 à 6,4% des producteurs laitiers emploient déjà un système d'étable froide pour leurs sujets d'élevage, donnant une moyenne au niveau provincial qui n'est que de 3%.

Ce faible nombre est probablement dû en grande partie à une mauvaise connaissance du système, et au fait que très peu de ces installations existent localement.

L'objectif de cette présentation est de mieux sensibiliser les producteurs aux diverses possibilités de logements de génisses à basse température, et d'inciter certains éleveurs progressifs à adapter ces méthodes, lesquelles serviront d'exemple aux autres.

RÉGIE D'ÉLEVAGE

Peu importe le mode de logement choisi, il y a quelques règles de base que chaque producteur doit observer, afin d'obtenir des veaux en santé. En d'autres mots, il n'y a pas de bâtiment pouvant remplacer une bonne régie d'élevage (2), et un manque de soins à ce niveau peut ternir la réputation de n'importe quel système de logement. Les éléments principaux sont les suivants:

a) Avoir une loge de maternité saine et propre;

b) Assurer la prise de colostrum 2 fois durant les premiers 6 h de vie, à raison d'au moins 1 L à la fois; répéter cette procédure 8 h plus tard (8);

c) Empêcher tout contact physique entre les veaux non sevrés;

d) Isoler les jeunes veaux du troupeau laitier en moins de 24 h;

e) Éliminer les causes de stress des veaux (humidité, courant d'air, bruits, entassement, mouches, poussières, traitements brusques, etc..). Le stress réduit la résistance des veaux aux agents pathogènes (3,19);

f) Donner des soins attentifs aux veaux. Il faut les chouchouter.

LES EFFETS DE LA BASSE TEMPÉRATURE

Pour bien gérer un système de logement froid, il faut que l'éleveur possède une bonne compréhension et du comportement et du métabolisme du veau à des basses températures. Généralement, entre 13° et 27° C, un veau maintient un métabolisme et un comportement normaux, afin de stabiliser sa température corporelle (16). Cependant, ceci ne veut pas dire que nous sommes restreints à cette étroite gamme de température pour l'élevage des veaux. Au contraire, la recherche nous démontre que la température peut descendre sous le seuil de −29° C sans risque accru de mortalité (12). D'autres expériences (9, 22) ont aussi prouvé qu'en utilisant la litière sèche et un abri contre les intempéries, des veaux naissants gardés entre −18° et −30° C se sont maintenus en bonne santé, et avec une température corporelle stable. En plus, ils ont produit **le même taux de gain journalier qu'en étable chaude**. En d'autres mots, le froid en soi n'est pas nuisible aux veaux. Les veaux sont capables de s'adapter rapidement aux conditions sévères selon les processus suivants:

LE MÉTABOLISME

Le métabolisme est le processus de transformation des aliments en énergie. Par temps très froid, le métabolisme d'un veau augmente afin de maintenir sa température corporelle (22). Par conséquent, les besoins alimentaires seront

accrus pour répondre à cette demande de chaleur. Cependant, une partie de la chaleur additionnelle peut aussi provenir d'une autre source, soit l'eau chaude et le lait qui doivent toujours être servis à 40° C en hiver. De plus, un veau peut changer son comportement pour réduire au minimum les pertes de chaleur.

COMPORTEMENT

Quand un veau est couché, il peut supporter des températures critiques beaucoup plus basses que lorsqu'il est debout (22). Des observations faites par Brunsvold (9) sur des veaux en huches à des températures jusqu'à −33° C, ont démontré qu'ils demeuraient couchés pendant 14 h durant les nuits d'hiver, comparativement à 6 h durant les nuits d'été. En se couchant sur de la litière sèche, avec les membres pliés près du corps et le nez enfoui sous le flanc, ils ont minimisé la surface exposée au froid. Rawson (22) a confirmé qu'il est possible pour un veau en santé couchant dans une huche extérieure sur de la litière sèche, à des températures −8 à −20° C, de ne pas utiliser plus d'énergie par jour, que celui logé en étable chaude.

L'ISOLATION

Le poil de l'animal, s'il est sec, a une très bonne capacité d'isolation. Des études ont démontré que le poil se développe davantage à des basses températures et constitue la protection principale contre le froid (22). À un degré moindre, le tissu adipeux, peut aider, mais celui-ci devient important seulement à un âge plus avancé.

L'isolation artificielle (ex.: une couverture) est rarement bénéfique si ce n'est pour quelques cas d'animaux trop petits ou malades. Mais il est maintenant évident que des veaux en santé qui reçoivent de la nourriture adéquate et qui sont gardés dans des huches sèches, ne requièrent pas d'isolation artificielle pour maintenir la température corporelle stable.

UN MICRO-CLIMAT

Si la température ambiante extérieure se maintient à −30° C ou moins, il faut réaliser que la température de l'air en contact direct avec la peau du veau est normalement beaucoup supérieure. En utilisant la litière sèche et aérée (la paille longue) en combinaison avec un abri adéquat, l'air qui est emprisonné entre les poils du veau et en contact avec la peau crée un microclimat, qui approche les températures normales.

LES EFFETS DE L'HUMIDITÉ

Si un veau dans un environnement sec et sans courant d'air peut s'adapter facilement à de basses températures, ce n'est certainement pas le cas d'un veau logé dans des conditions humides. L'humidité est l'ennemi le plus néfaste à la santé du veau.

LES EFFETS PHYSIQUES

Le poil du veau qui devient mouillé par la condensation ou par une haute humidité relative, ne peut plus agir comme un isolant contre le froid. Le résultat est l'hypothermie, ou l'impossibilité de maintenir sa température corporelle stable. De plus, si la litière devient humide, elle aussi perd ses propriétés d'isolation. Dans un tel cas, le veau n'est plus protégé du froid du sol et ne se couchera pas. Un veau qui ne se couche pas par temps froid, tel qu'expliqué précédemment, perdra encore plus de chaleur.

LES EFFETS D'AGENTS PATHOGÈNES

Une haute humidité relative (plus de 75%) permet aux agents pathogènes dans l'air de s'accumuler en plus grande concentration (6). Si un manque de ventilation est associé à ceci et que le taux d'ammoniac augmente, les premiers mécanismes de défense dans la gorge et dans la partie supérieure des poumons du veau seront gravement affectés. La combinaison de ces 2 facteurs donne une fréquence et une sévérité accrues de pneumonie.

L'ÉTABLE FROIDE

On définit l'étable froide généralement comme tout bâtiment non isolé qui loge des animaux à la température ambiante de l'air; c'est-à-dire, à la température de l'air extérieur. Il est entendu que l'étable est froide seulement en hiver. En pratique, la température à l'intérieur d'une étable froide ne diffère pas de la température extérieure par plus de quelques degrés. Un bâtiment qui est assez isolé pour créer de plus grandes variations de température intérieure, n'est pas classé comme étable froide, mais plutôt comme étable à environnement modifiée (légèrement isolée), ou comme étable chaude (bien isolée). De plus, une étable froide est généralement ventilée naturellement (sans ventilateur mécanique).

Notre discussion portera sur les modèles suivants d'étables froides:

Avant sevrage

a) Les huches à veaux;
b) L'étable à veaux non chauffée avec loges individuelles.

Après sevrage

a) L'étable à façade ouverte;
b) L'étable froide fermée;
c) L'étable « solaire ».

LES AVANTAGES

Une étable froide a de nombreux avantages par rapport à une étable chaude conventionnelle. En effet, ces avantages constituent la liste des raisons invoquées par des producteurs laitiers qui ont déjà adopté ce système, quand on leur demande pourquoi ils ont fait un tel choix.

Taux de mortalité/morbidité moins élevé

La basse température en soi a un effet bénéfique sur la santé animale. Au froid, l'activité microbienne est réduite. C'est le même phénomène qu'on retrouve dans un réfrigérateur. De plus, la décomposition du fumier est ralentie, produisant moins d'ammoniac.

En conséquence, pour les producteurs qui ont de la difficulté à diminuer le taux de mortalité et l'incidence de maladie dans leur étable chaude, il y a généralement une amélioration remarquable en mettant les jeunes veaux à l'extérieur. Plusieurs éleveurs affirment qu'ils ne donnent presque plus de médicaments aux animaux en huche. Ce mode de logement commence à se faire une bonne réputation dans plusieurs régions du Québec.

Coût de construction

Le fait que les étables froides coûtent généralement moins chères que les étables chaudes offre un avantage important (tableau 9). L'argent ainsi économisé peut être utilisé plutôt pour des investissements qui sont plus productifs (quota, vaches, etc.) De plus, en sortant les veaux et les taures de l'éta-

ble, on peut libérer des superficies qui permettent une augmentation du nombre de vaches, s'il y a lieu, à un coût abordable.

Coût d'opération

Le coût de chauffage d'une pouponnière chaude de 12 veaux peut représenter environ 450 $ par année. Si on ajoute à cela le coût d'électricité et le coût de réparation/remplacement des ventilateurs mécaniques requis dans une étable chaude, il est évident que l'étable froide représente des économies d'opération importantes.

Productivité du troupeau

La recherche faite par Waltner-Toews à l'Université de Guelph (26) démontre que pour une génisse recevant un traitement pour la pneumonie au cours des 3 premiers mois de sa vie, le risque de mortalité devient 2,5 fois plus grand que pour celles qui n'ont pas contracté la maladie. Également, une génisse qui est traitée pour la diarrhée en jeune âge a 2,9 fois plus de risques de vêler tardivement (dépassé l'âge de 30 mois) que celle qui est non affectée. Le logement des jeunes veaux en étable froide (huche) est une méthode éprouvée (2,17) qui réduit l'incidence des maladies et, par conséquent, peut améliorer la santé à long terme et la productivité du troupeau.

LES INCONVÉNIENTS

Il n'y a pas de système parfait à tout point de vue. Malgré tous les avantages que présente le logement en étable froide, il y a aussi certains inconvénients. Si l'éleveur comprend bien ces points, il peut éviter certaines déceptions plus tard.

Le confort de l'éleveur

L'objection principale des éleveurs contre la stabulation en étable froide, tient au fait qu'ils peuvent être exposés eux-mêmes à un climat rigoureux. Ceci est un argument valable dans certains genres de logement. Cependant, il faut d'abord établir si la santé animale est notre principal objectif et ajuster nos décisions en conséquence.

De plus, si l'étable froide donne une qualité d'air que minimise les concentrations de gaz nocifs, de poussières et d'agents pathogènes, cela peut être bénéfique à la santé du producteur aussi.

Le travail supplémentaire

Les huches à veaux peuvent impliquer une augmentation du travail manuel pour alimenter et abreuver les animaux (17). Ceci est dû principalement à la distance entre l'étable et les huches, et le va-et-vient pour apporter l'eau, le lait, la litière, etc. Ceci explique l'importance de bien choisir le site des huches.

Par contre, la manutention du fumier dans les huches une fois par 2 mois est beaucoup moins exigeante que le nettoyage quotidien des loges à veaux en étable chaude.

De plus, pour les taures en étable froide, le temps requis pour alimenter les animaux et pour nettoyer le fumier est généralement réduit par rapport à la stabulation entravée (1).

La propreté des animaux

À l'observation, on remarque que la propreté des animaux en stabulation froide est liée beaucoup plus à la régie de l'élevage qu'au type de bâtiment. La quantité de litière et l'entassement des animaux dans un parc jouent un grand rôle. Il faut s'assurer qu'il y a une aire de repos sèche et propre, et à l'écart de l'aire d'alimentation. Le fait de rajouter de la litière et de surveiller la propreté de l'aire de repos est une meilleure assurance de propreté des animaux que le grattage fréquent de l'allée de nettoyage.

La nourriture additionnelle

Durant les mois d'hiver, les animaux logés au froid doivent consommer plus d'énergie pour rencontrer les besoins calorifiques afin de maintenir une température corporelle stable.

Par contre, les producteurs laitiers savent que les meilleures vaches sont celles qui sont capables de manger plus.

LA PLANIFICATION DU LOGEMENT REQUIS

NOMBRE DE SUJETS À LOGER

La taille du troupeau de remplacement et par conséquent les dimensions des bâtiments requis pour les loger, est en fonction du taux de remplacement, l'âge au premier vêlage et le taux de mortalité des veaux.

Comme ces facteurs sont particuliers à chaque ferme et peuvent varier d'une année à l'autre, il faut que les bâtiments soient assez grands pour tenir compte de ces fluctuations et de permettre une flexibilité à l'éleveur.

Le tableau 2 nous donne la répartition théorique d'un troupeau de remplacement laitier, à un taux de remplacement de 33%. Cependant, ce tableau ne tient pas compte de la mortalité, et il faudrait le modifier.

Tableau 2:
RÉPARTITION DES SUJETS DE REMPLACEMENT EN FONCTION DU NOMBRE DE VACHES LAITIÈRES

Groupe d'âge	Nombre par rapport aux vaches laitières %
Jeunes génisses (de 0 à 3 mois)	12
Jeunes veaux mâles (de 0 à 3 mois s'ils sont abrités)	12
Génisses (de 3 à 10 mois)	20
Génisses (de 10 mois à 2 ans)	35
Génisses (de 2 ans au vêlage)	0 à 20
Vaches sèches	12

Source: Code Canadien de Construction des bâtiments agricoles (10)

Pour tenir compte du taux de mortalité des veaux avant sevrage, et du taux d'élimination des taures jusqu'à 24 mois, Appleman (4) suggère des facteurs de correction, qui sont présents dans le tableau 3.

Tableau 3:
NOMBRE DE GÉNISSES REQUIS POUR PRODUIRE UNE TAURE DE REMPLACEMENT (DE 24 MOIS) EN FONCTION DU TAUX DE MORTALITÉ DES VEAUX ET DU TAUX D'ÉLIMINATION DES TAURES

Taux de mortalité des veaux (avant sevrage) %	Taux d'élimination involontaire des taures (du sevrage au vêlage) %				
	4	6	8	10	12
5	1,10	1,12	1,15	1,17	1,20
10	1,16	1,19	1,21	1,24	1,27
15	1,23	1,26	1,28	1,31	1,34
20	1,30	1,33	1,36	1,39	1,43
25	1,39	1,42	1,45	1,49	1,52

Source: Appleman (4)

En utilisant ce dernier tableau, Beauregard (5) nous présente le nombre de sujets de remplacement requis pour un troupeau de 40 vaches, selon le taux de remplacement et l'âge au vêlage (tableau 4), en fixant le taux de mortalité des veaux et l'élimination des taures à 10% chacun.

Tableau 4:
NOMBRE DE SUJETS DE REMPLACEMENT MINIMUM REQUIS POUR UN TROUPEAU DE 40 VACHES SELON LE TAUX DE REMPLACEMENT ET L'ÂGE AU VÊLAGE (LES PERTES DE 0-24 MOIS SONT FIXÉS À 20%)

Âge au vêlage (mois)	Taux de remplacement (%)				
	20	25	30	35	40
24	19,8	24,8	29,8	34,8	39,7
25	20,3	25,3	30,4	35,4	40,5
26	20,7	25,8	31,0	36,2	41,3
27	21,1	26,4	31,6	36,9	42,2
28	21,5	26,8	32,3	37,6	43,0
29	21,9	27,4	32,9	38,4	43,8
30	22,3	27,9	33,5	39,1	44,7
31	22,8	28,4	34,1	39,8	45,5
32	23,2	29,0	34,8	40,6	46,3

Source: Beauregard (5)

Pour les jeunes veaux en pouponnière, Kains (15) nous propose une autre formule pour déterminer le nombre de loges requis.

Nombre de loges $= 0{,}125 \times (a) \times (b) \times (c)$
où

(a) = nombre de vaches laitières
(b) = séjour en pouponnière (mois)
(c) = 1,0 si les veaux mâles et femelles sont gardés
= 0,66 si seulement les génisses sont gardées.

Ce calcul tient compte du fait que les vêlages ne sont pas nécessairement répartis uniformément sur une période de 12 mois. De plus, la répartition des mâles et femelles n'est pas toujours 50:50. Pour ces raisons, un facteur de 50% de loges supplémentaires est inclus dans la formule.

Pour un séjour normal de 2 mois dans la pouponnière, cette formule se réduit aux formules suivantes:

a) Veaux mâles et femelles: nombre de loges = $\frac{\text{vaches laitières}}{4}$

b) Veaux femelles seulement: nombre de loges = $\frac{\text{vaches laitières}}{6}$

Ainsi, après avoir analysé la littérature à ce sujet, le tableau 5 est recommandé pour calculer le nombre de sujets de remplacement à loger, selon leur âge. Le taux de remplacement est fixé à 33%, le taux de mortalité (0-3 mois) à 10%, le taux d'élimination de taures (3-24 mois) à 10% et l'âge au vêlage est de 29 mois.

Tableau 5:
NOMBRE DE SUJETS DE REMPLACEMENT À LOGER PAR GROUPE D'ÂGE.

Groupe d'âge	Nombre par rapport aux vaches laitières	Facteur de correction*	Exemple pour un troupeau de 40 vaches
Jeunes génisses (0-3 mois)	12%	1,5	8
Jeunes veaux mâles (0-3 mois si gardés)	12%	1,5	—
Génisses (3-10 mois)	20%	1,25	6
Taures (10-24 mois)	35%	1,25	18
Taures (24-29 mois)	14%	1,0	6
Total:			**38**

* Multiplicateur qui tient compte des critères suivants: taux de remplacement à 33%, taux de mortalité (0-3 mois) à 10%, taux d'élimination des taures (3-24 mois) à 10%, l'âge au vêlage de 29 mois)

AIRE REQUISE PAR TÊTE

Le tableau 6 nous donne l'espace minimum requis pour les vaches et les sujets de remplacement, pour la superficie sur litière. Les aires d'alimentation, les mangeoires et les allées de nettoyage sont en sus.

Tableau 6:
AIRE DE STABULATION MINIMALE REQUISE (LA PARTIE SUR LITIÈRE) POUR LES VACHES ET REMPLACEMENTS LAITIERS, PAR GROUPE D'ÂGE EN STABULATION LIBRE.

Groupe d'âge	Superficie requise par tête	
	m^2	pi^2
Génisses 3 à 10 mois	2,2	24
Taures de 10 à 24 mois	3,3	35
Taures plus que 24 mois	3,7	40
Vaches sèches	3,7	40
Vaches laitières	5,6	60

Source: Code Canadien de Construction des bâtiments agricoles (10).

Pour une étable avec une cour extérieure, les dimensions de la cour peuvent être prises des normes de bovins de boucherie et sont montrées dans le tableau 7.

Tableau 7:
SUPERFICIE MINIMALE REQUISE DANS UNE COUR EXTÉRIEURE D'UNE ÉTABLE POUR LES VACHES ET LES SUJETS D'ÉLEVAGE.

Groupe	Superficie minimale (pavée) par tête	
	m^2	pi^2
Vaches et taures gestantes	4,7	50
Taures, 1 an	2,3	25
Veaux, 500 livres	2,3	25

Source: Code Canadien de Construction des bâtiments agricoles (10)

LE REGROUPEMENT DES ANIMAUX

Le nombre de groupes

Le regroupement des animaux de remplacement post-sevrage doit être déterminé par la taille des animaux. Plante (20) suggère qu'idéalement, la différence du poids entre les sujets d'un groupe ne doit pas être supérieur à 20 kg, pour réduire la compétition. Selon Menzi (18), les veaux profitent plus rapidement si l'écart d'âge dans le groupe n'excède pas 2 à 3 mois. Pour les petits troupeaux, un minimum de 4 enclos est nécessaire pour les sujets, du sevrage au vêlage.

Nombre de têtes par groupe

Le nombre de têtes dans chaque enclos doit être déterminé principalement par la longueur de la mangeoire disponible. Comme les sujets sont habituellement alimentés simultanément, il faut éviter l'entassement et la bousculade à cet endroit. Le Code Canadien de Construction des bâtiments agricoles (10) nous recommande une longueur de mangeoire de 710 mm par tête pour les vaches laitières, les vaches taries et les taures. Dans le tableau 8, Menzi (18) nous suggère les longueurs de mangeoire, basées sur le poids et l'âge des animaux.

Tableau 8:
LONGUEUR MINIMALE DE MANGEOIRE REQUISE POUR LES ANIMAUX DE REMPLACEMENT LAITIER, LOGÉS EN GROUPE AVEC L'ALIMENTATION SIMULTANÉE.

Groupe	Poids maximum (kg)	Âge approximatif (mois)	MANGEOIRE Longueur/tête (mm)
1	110	2 — 4	300
2	220	4 — 8	375
3	300	8 — 12	420
4	360	12 — 16	450
5	450	16 — 20	500
6	500	20 — 23	560

Source: Menzi (18)

De façon générale, pour planifier une étable froide, on peut calculer une longueur de mangeoire par tête de 450 mm pour les sujets de moins de 1 an, de 600 mm jusqu'à 2 ans et de 710 mm pour les sujets plus âgés. Pour les fermes où la ration totale mélangée (RTM) est utilisée, la longueur de man-

geoire pourrait être réduite, si nécessaire, jusqu'à un minimum de 200 mm par tête, pour tenir compte d'une alimentation servie à volonté.

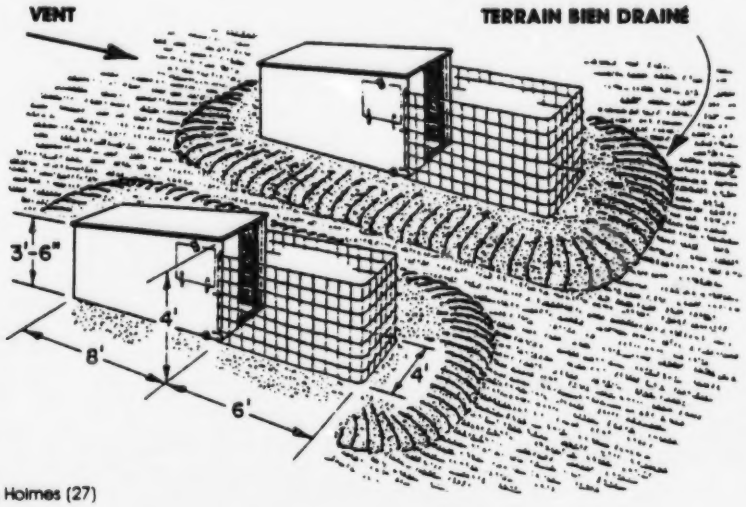
Le nombre de têtes par enclos ne devrait pas excéder 8 pour éviter la compétition. De plus, selon Heinrichs (13), il y a avantage de réduire ce nombre à 3 ou 4 pendant les 3 premiers mois post-sevrage, afin d'initier les veaux à vivre en groupe.

En pratique, une aire de stabulation sur litière de 3,6 m de largeur et 6,0 m de longueur peut loger convenablement 8 sujets de 3 à 10 mois, ou 6 sujets de 10 à 24 mois, tout en leur assurant la longueur de mangeoire voulue (l'allée de nettoyage est en sus).

LES HUCHES À VEAUX

Les huches sont une bonne alternative économique par rapport à une pouponnière à veaux, et peuvent donner des résultats très satifaisants sur l'aspect santé animale. Plusieurs producteurs qui avaient des taux élevés de mortalité et de morbidité dans l'étable conventionnelle, ont grandement réduit leurs problèmes par cette méthode qui sépare effectivement les jeunes animaux des adultes. Mais, pour bien réussir l'élevage des veaux en huches, il faut comprendre le système.

Figure 1:
HUCHE À VEAU



Source: Holmes (27)

LA CONSTRUCTION

Les huches sont faciles à construire avec du contre-plaqué (type extérieur) de 14 mm (5/8") d'épaisseur, sur une charpente de 38 × 89 mm (2" × 4"). Le bois qui sera en contact avec le sol devra être traité sous pression. La structure est fermée sur 3 côtés tout comme sur le dessus. Le devant est ouvert pour assurer une très bonne ventilation et pour laisser pénétrer les rayons du soleil en hiver (figure 1). Le soleil est très important pour le bon fonctionnement de la huche.

L'EMPLACEMENT

Il faut placer les huches sur un terrain bien drainé, surélevé de préférence sur 300 mm de gravier. La façade doit être orientée vers le sud en hiver

pour bénéficier du soleil, et vers l'est en été pour avoir de l'ombre en après-midi. Un brise-vent, naturel ou construit, sur le côté du vent (généralement du côté ouest), donne une bonne protection contre les vents dominants en hiver.

Figure 2:
DES HUCHES BIEN ESPACÉES

L'espacement entre les huches doit être d'au moins 1200 mm pour minimiser les risques de propagation des maladies. Si le veau est attaché avec une corde ou une chaîne, la distance doit être augmentée pour éviter tout contact entre eux (figure 2).

Le site choisi doit être approprié pour faciliter l'alimentation et l'observation des animaux. Un emplacement près de la laiterie est favorisé, pourvu qu'il n'y ait pas de ventilateurs trop près, lesquels pourraient apporter les maladies de l'étable.

LA LITIÈRE

Une bonne épaisseur de litière sèche est primordiale dans les huches. Si des copeaux de bois ou du bran de scie servent à couvrir le fond, il faut compléter avec au moins une balle de paille par huche. De la paille additionnelle sera ajoutée, tel que requis pour garder le fond sec. Si le veau a accès à un parc extérieur, les quantités de litière requises sont augmentées pour absorber la neige et la boue que le veau peut rentrer à l'intérieur.

RÉGIE PAR TEMPS FROID

Les conseils pratiques suivants sont recommandés pour l'utilisation des huches en hiver:

a) Il faut s'assurer que toutes les ouvertures de ventilation en arrière, s'il y en a, sont complètement scellées l'hiver pour éviter les courants d'air;

b) Les murs doivent être en contact avec le sol sur tout le périmètre, sans exception, pour éviter les courants d'air;

c) Il ne faut jamais fermer le devant d'une huche, car l'augmentation d'humidité à l'intérieur peut occasionner de sérieux problèmes d'hypothermie;

d) L'alimentation lactée riche en gras doit être apportée en hiver, afin de fournir l'énergie additionnelle pour maintenir la température corporelle. Si un substitut de lait est servi, il doit contenir un minimum de 20% de gras. Le besoin journalier en lait par temps chaud est de 10% du poids de veau, donné en 2 repas. Cette quantité devra être augmentée graduellement jusqu'à 15%, si la température reste longtemps sous le point de congélation. Aux températures approchant −34° C, 3 repas doivent être servis pour un total de 20% du poids de veau (3). Il faut souligner que durant le temps très froid, le veau redresse ses poils, ce qui peut cacher les symptômes de la sous-alimentation. Il est nécessaire que l'éleveur vérifie manuellement et de façon régulière l'état de chair de ses veaux.

RÉGIE PAR TEMPS CHAUD

Les températures très élevées peuvent aussi réduire la capacité du veau à combattre les maladies, en causant du stress et en réduisant son niveau d'immunité (12). La radiation solaire de l'après-midi cause une augmentation rapide de la température. Des expériences en Ontario par McKnight (17) ont démontré que le taux de gain peut même être moins élevé en été qu'en hiver, à cause de la chaleur. Ces résultats sont présentés à l'annexe I.

Des suggestions pour la régie en été suivent:

a) Si possible, l'ombre doit être accessible durant l'après-midi. Le veau qui est attaché avec une corde trouvera lui-même de l'ombre sur le côté est de sa huche en après-midi. Une extension du toit sur ce côté donnera plus d'ombre;

b) Le toit peut être peinturé de couleur blanche ou de couleur aluminium, afin de réduire l'absorption de chaleur;

c) La huche peut être légèrement surélevée sur des briques durant les périodes les plus chaudes, pour augmenter la circulation de l'air. Mais, il faut éviter les courants d'air;

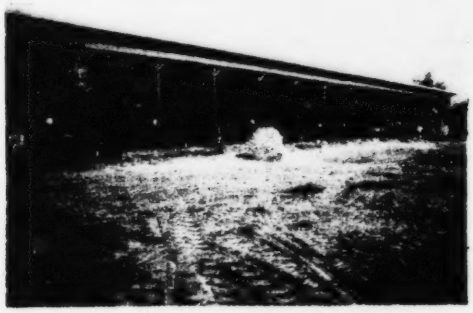
d) Les panneaux de ventilation sur le mur arrière peuvent être ouverts, mais il faut prendre soin de bien les sceller pour la période hivernale;

e) Les besoins en eau sont plus élevés par temps chaud, mais ceci est souvent oublié. Une eau de qualité, fraîche, propre et à libre-choix, doit être disponible en plus du lait, pour atteindre la croissance maximale (2). Les chaudières numérotées doivent être lavées à chaque usage et jamais interchangées entre les veaux, afin de minimiser les risques de propagation de maladie.

QUELQUES VARIATIONS POSSIBLES

a) Les huches abritées

Figure 3:
DES HUCHES ABRITÉES

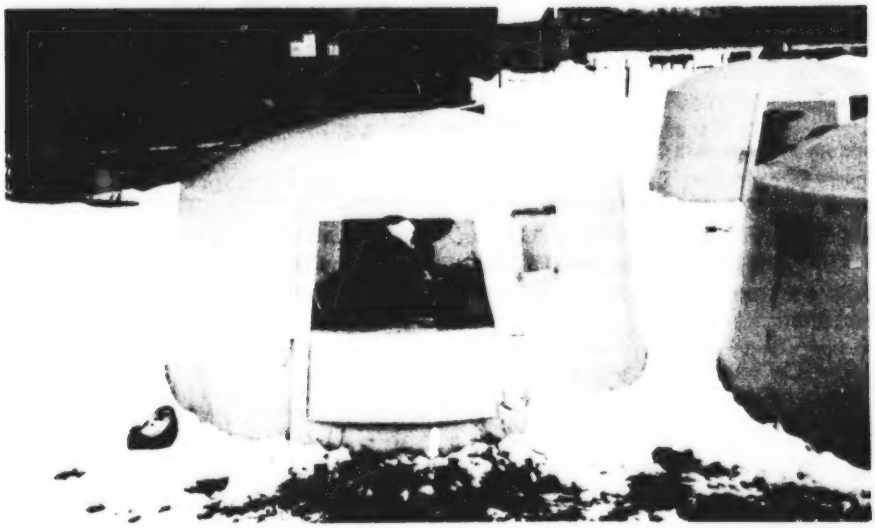


Certains producteurs groupent les huches sous le toit d'une autre structure (figure 3), afin de donner une protection additionnelle contre le vent et la chaleur, et pour faciliter l'alimentation des animaux.

En autant que ce bâtiment soit ouvert et avec une ventilation naturelle adéquate, il peut bien fonctionner. Cependant, ceci augmentera les coûts jusqu'à 500 $ additionnel par veau ou même plus.

b) Les huches en plastique

Figure 4:
UNE HUCHE EN PLASTIQUE

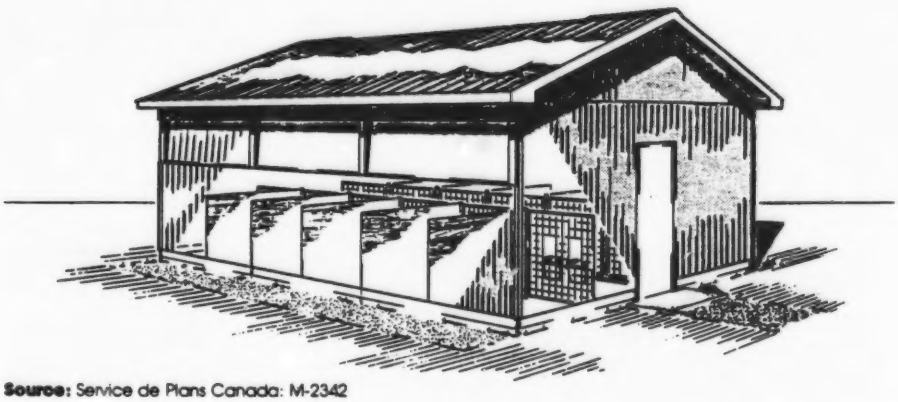


Des huches en plastique translucide (figure 4) sont récemment apparues sur le marché au Québec. Ces structures en forme de dôme sont attrayantes et elles peuvent être de 5 à 8° C plus chaudes qu'une huche en bois durant une journée ensoleillée d'hiver. Leur principal inconvénient est le coût, lequel est environ 2,5 fois celui des huches en contre-plaqué (tableau 9). Cependant, avec un coût de maintenance minime et une durée de vie plus longue, le coût d'achat additionnel est rapidement rentabilisé.
Le modèle circulaire de 2,1 m (7 pieds) de diamètre, donne un espace équivalent à la huche de contre-plaqué. La porte peut être dirigée vers les vents prédominants durant l'été pour une ventilation additionnelle. Préférablement, la huche peut être placée à un endroit ombragé en été. La prise d'air sur le toit doit être ajustée selon les saisons et même entre le jour et la nuit pour mieux contrôler l'ambiance.

L'ÉTABLE À VEAUX NON CHAUFFÉE AVEC LOGES INDIVIDUELLES

Les avantages de loger les jeunes veaux non sevrés à l'extérieur, dans les huches, ont été énumérés précédemment. Mais, plusieurs éleveurs veulent un système leur donnant plus de protection contre les intempéries, tout en facilitant les tâches d'alimentation. L'étable à veaux non chauffée avec loges individuelles, est conçue pour offrir aux veaux un environnement similaire aux huches, et pour rendre le travail de l'exploitant plus agréable.

Figure 5:
ÉTABLE À VEAUX NON CHAUFFÉE



Source: Service de Plans Canada: M-2342

LA CONSTRUCTION

La figure 5 représente l'étable à veaux non chauffée. Ce bâtiment non isolé est conçu pour opérer en hiver à une température similaire à celle de l'extérieur.

Ce serait une erreur grave d'essayer de minimiser les fluctuations de température dans ce type de logement, car l'humidité relative pourrait augmenter à des niveaux néfastes pour les animaux.

Le succès d'opération dépend du système de ventilation naturelle, lequel est fait d'une ouverture continue dans le faîte, et des panneaux latéraux ouvrant dans le mur. Ces derniers sont faits en fibre de verre translucide pour permettre l'entrée des rayons du soleil. L'orientation du bâtiment doit être nord-sud pour une meilleure distribution de l'air à l'intérieur. Le bâtiment n'a pas de plafond, ce qui assure un grand volume d'air par veau et facilite l'évacuation de l'humidité. Le toit est légèrement isolé pour éviter la condensation sous la tôle.

La largeur du bâtiment est de 5,4 m, permettant 2 rangs de loges individuelles de 1200 × 1800 mm et une allée centrale de 1724 mm.

Le plan porte le numéro M-2342 et est disponible aux bureaux de renseignements agricoles.

LE FONCTIONNEMENT

Les veaux sont logés dans cette étable le plus tôt possible après leur naissance (moins de 24 h). La régie d'élevage est la même que pour les huches extérieures. Une litière abondante et sèche est primordiale. Certains producteurs recouvrent partiellement le dessus des loges durant la saison la plus froide, afin d'éviter les courants d'air près du veau.

Les veaux sont alimentés et abreuvés par des seaux fixés à l'avant des loges. Les aliments sont préparés dans l'étable laitière et transportés à cet endroit, ou bien apprêtés dans une salle adjacente d'aliments qui peut être construite, mais à coût additionnel.

QUELQUES VARIATIONS

Certains producteurs utilisent ce même principe en plaçant des loges ou des huches à l'intérieur des bâtiments existants (remises à machines, vieilles

granges, étables froides, etc.). En autant qu'une bonne ventilation naturelle est assurée et qu'il y a un grand volume d'air par tête, ces systèmes fonctionnent très bien tout en profitant de l'espace déjà disponible.

UNE MISE EN GARDE

Malgré que ce modèle d'étable soit très populaire dans plusieurs régions d'Ontario (19), et au Michigan (7), son succès dépend d'une bonne régie du système de ventilation naturelle, pour évacuer l'humidité et les agents pathogènes. Les producteurs désireux d'en construire devraient visiter des installations existantes au préalable.

L'ÉTABLE À FAÇADE OUVERTE

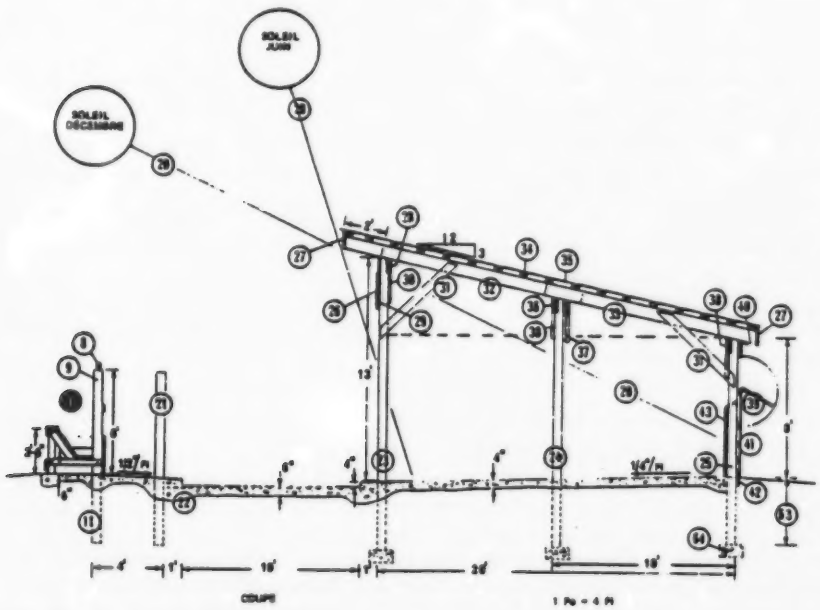
Pour les génisses laitières âgées de 2 mois jusqu'au vêlage, l'étable à façade ouverte s'est avérée une méthode de logement très efficace.

Stone (25) rapporte que durant la période 1980-1982, plus de 100 installations ont été réalisées par les producteurs de lait de l'est de l'Ontario, et les résultats sont très satisfaisants. Collin (11) confirme que ce type de logement donne aux producteurs une alternative économique simple, fonctionnelle et saine pour l'élevage des génisses.

LES CONCEPTS

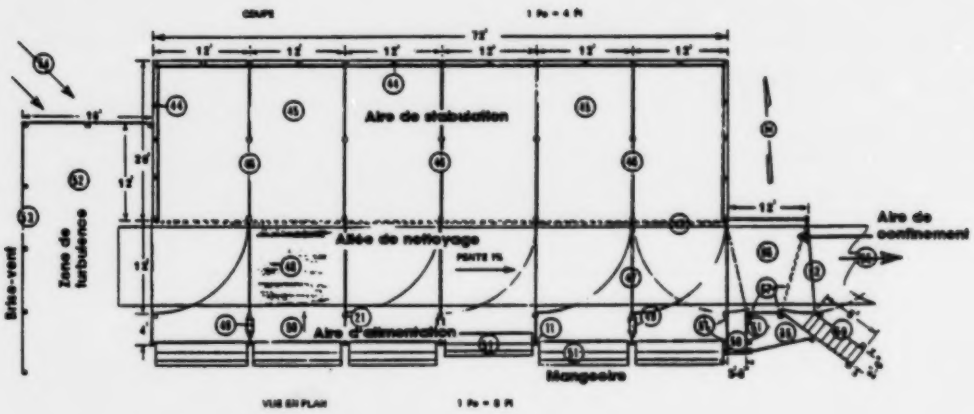
L'étable est construite avec un toit à un versant et avec une façade ouverte orientée vers le sud ou le sud-est. La profondeur du bâtiment n'est que de 6000 mm, ce qui permet aux rayons de soleil de pénétrer jusqu'au fond en saison hivernale. En été, par contre, l'aire de stabulation reste ombragée quand le soleil est haut dans le ciel (figure 6). De plus, la pente du toit est orientée de façon à ce que la précipitation s'écoule à l'arrière de l'étable.

Figure 6:
COUPE DE L'ÉTABLE À FAÇADE OUVERTE



Source: Service de Plans Canada: Q-2402

Figure 7:
PLAN DE L'ÉTABLE À FAÇADE OUVERTE



Source: Service de Plans Canada: Q-2402

La figure 7 démontre l'aménagement d'une étable à façade ouverte de dimensions 12200 × 22000 mm, pour loger environ 40 sujets de remplacement d'un troupeau typique de 40 vaches laitières. (Ce plan, portant le numéro Q-2402, est disponible aux bureaux de renseignements agricoles).

Dans cette étable, les animaux peuvent être séparés en 6 groupes distincts, avec des enclos de 3600 mm de large. Chaque parc a sa propre mangeoire dehors, de façon à ce que tous les animaux aient accès à la nourriture en même temps.

Le plancher du bâtiment et la mangeoire ont des pentes vers une allée de nettoyage située à l'extérieur. Cette allée est abaissée de 100 mm par rapport aux aires adjacentes, afin de faciliter le grattage, et cannelée pour empêcher le glissement des animaux.

Les superficies intérieures et extérieures représentent environ 5,7 m²/tête.

LE CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

Un brise-vent est placé du côté ouest du bâtiment, à une distance minimale de 4800 mm. Ceci crée une zone de turbulence et permet l'accumulation de la neige en dehors du parc. Pour diminuer les courants d'air, les séparations à tous les 2 enclos sont non ajourées et sont construites à la même hauteur que le mur arrière. Pour assurer une bonne ventilation en hiver, une ouverture continue de 200 mm est prévue sous le surplomb du toit du côté nord. En plus de chasser l'humidité, l'air qui rentre par cette ouverture crée une pression positive dans le bâtiment, empêchant les amoncellements de neige dans la façade ouverte.

LA MANUTENTION DU FUMIER

Pour permettre le grattage de l'allée de nettoyage, les animaux sont confinés dans l'aire de stabulation avec des barrières séparant les enclos. Le fumier dans l'allée est évacué vers une plate-forme à fumier. Cette opération s'effectue de 2 à 3 fois par semaine ou selon le besoin, au printemps et à l'automne, mais peut être réduite à 1 fois par 2 semaines durant l'été. Durant l'hiver, le fumier gèle et s'accumule jusqu'à une épaisseur d'environ 300 mm avant que le nettoyage devienne possible.

Le fumier solide dans l'aire de stabulation doit être nettoyé 1 ou 2 fois par année, avec un tracteur à chargeur frontal. (Pour donner au tracteur un meilleur accès aux enclos intérieurs, les mangeoires sont amovibles).

LE SYSTÈME D'ALIMENTATION

Puisque les mangeoires sont amovibles dans ce plan, on peut les avancer ou les reculer selon la taille des animaux, pour régler la distance entre elles et l'allée de nettoyage.

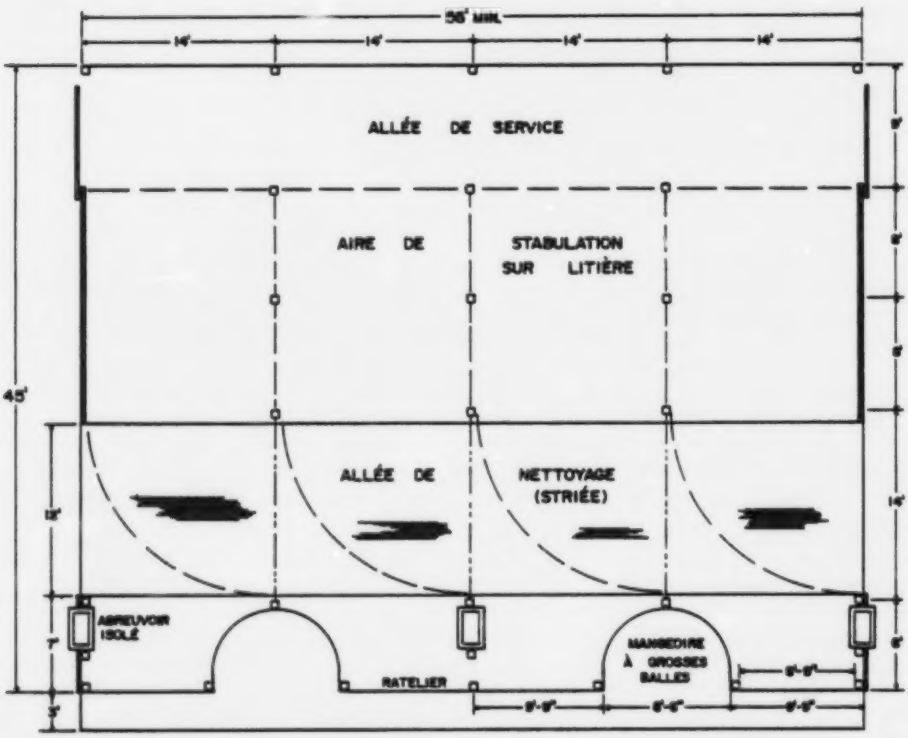
Quelques variations à ce genre de mangeoire sont aussi possibles; entre autres:

a) Avec râtelier auto-bloquant pour un meilleur contrôle des quantités de nourriture consommées; (ce modèle est aussi utile pour immobiliser des animaux lors des traitements médicaux).

b) Avec râtelier continu pour permettre le déroulement des grosses balles de foin;

c) Avec des mangeoires circulaires fixes pour alimenter avec les grosses balles de foin à libre-choix (figure 8).

Figure 8:
ÉTABLE À FAÇADE OUVERTE AVEC MANGEOIRES POUR LES GROSSES BALLES RONDES.



Source: Adapté du plan OMAF 32-410-88 (24).

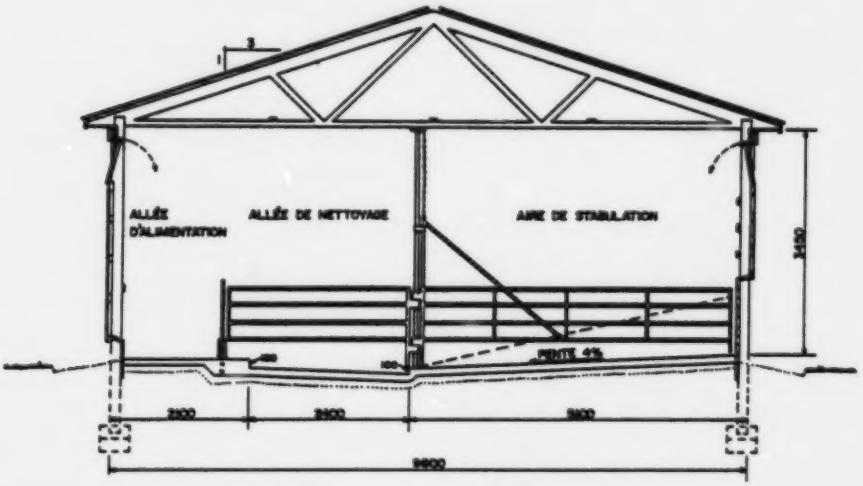
La contrainte principale de l'étable à façade ouverte est le fait que l'éleveur est exposé aux intempéries pour alimenter les animaux. Les producteurs qui l'ont adoptée trouvent cependant que malgré ce côté moins plaisant, cette forme de logement en vaut la peine (25).

L'ÉTABLE FROIDE FERMÉE

LES CONCEPTS

Le concept de l'étable froide fermée a pour objectif de profiter des avantages de l'élevage au froid déjà énumérés et de minimiser les inconvénients pour l'opérateur. Ainsi, dans un bâtiment de 9,6 m de large, on trouve une aire de stabulation, une allée de nettoyage, une mangeoire et une allée d'alimentation, toutes à l'intérieur (figure 9).

Figure 9:
COUPE D'UNE ÉTABLE FROIDE FERMÉE



Source: Service de Plans Canada, M-2403.

L'aire de stabulation a une pente de 4% vers l'allée de nettoyage. Cette dernière doit être cannelée lors de la construction pour éviter des chutes d'animaux sur une surface lisse.

Comme dans l'étable à façade ouverte, les animaux sont séparés en groupes distincts, dans les enclos de 3600 mm de large, où on peut loger jusqu'à 6 ou 8 sujets selon l'âge. Les producteurs qui veulent donner plus que l'espace minimal à leurs animaux peuvent augmenter la largeur du bâtiment à 12 m. Une étable de 9,6 m de large donne une superficie totale par tête d'environ 5,4 m², tandis que celle de 12 m de large donne environ 6,0 m² par tête.

LE CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

La ventilation est assurée par une ouverture continue de 140 mm au faîte, et des panneaux ouvrants dans les murs latéraux. Ces panneaux sont en fibre de verre pour permettre un ensoleillement.

Pour la bonne opération du système de ventilation naturelle, il est **important d'orienter le bâtiment en direction nord-sud**. Le producteur doit ajuster les panneaux en hiver selon la direction du vent pour évacuer l'humidité, tout en évitant les courants d'air sur les animaux (les panneaux sur le côté opposé du vent doivent rester ouverts le jour).

LA MANUTENTION DU FUMIER

L'allée de nettoyage doit être grattée à tous les 2 jours ou selon le besoin vers une fosse à fumier avec rampe d'accès. Durant ces travaux, les animaux sont retenus dans l'aire de stabulation avec des barrières télescopiques séparant les enclos. Pendant une courte période en hiver, le fumier dans cette allée peut geler et empêcher le grattage.

Dans l'aire de stabulation, le fumier s'accumule. Un ajout périodique de litière est nécessaire afin de garder celui-ci à l'état solide et propre. Le nettoyage se fait normalement 2 fois par année.

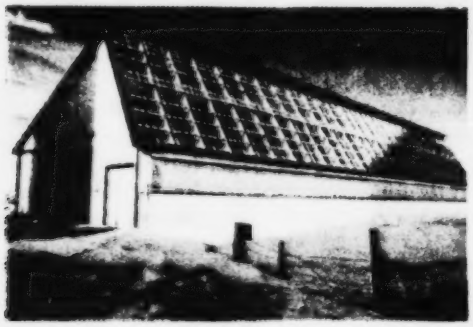
LE SYSTÈME D'ALIMENTATION

Les aliments sont transportés par chariot dans l'allée d'alimentation et habituellement le plancher de l'allée sert de mangeoire. Comme tout est à l'intérieur, l'opération d'alimentation pourrait facilement être mécanisée, si désiré.

Le râtelier peut être fixe, ou auto-bloquant pour mieux contrôler la consommation de chaque animal.

L'ÉTABLE SOLAIRE

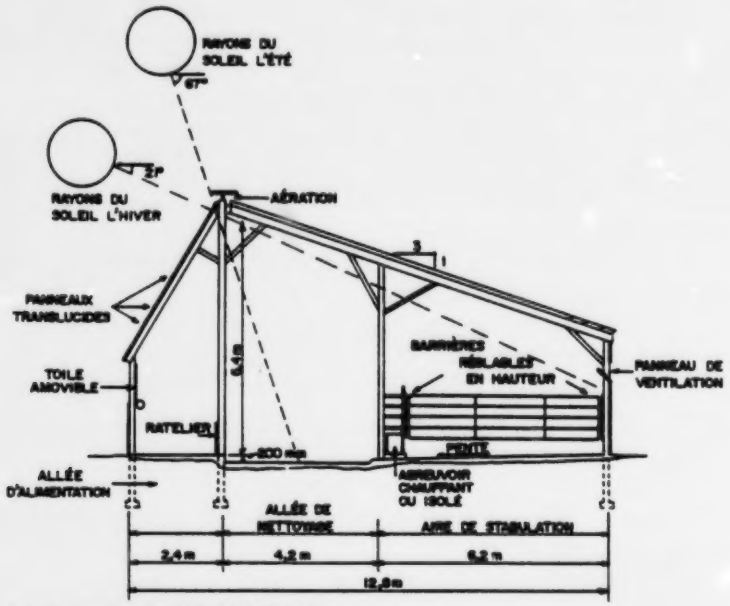
Figure 10:
L'ÉTABLE « SOLAIRE »



LES CONCEPTS

« L'étable solaire » (figure 10) est un terme qui est utilisé pour décrire une variation de l'étable froide fermée. Elle laisse pénétrer le soleil au travers d'un toit translucide. Ce toit du côté sud, est généralement fait de panneaux de fibre de verre du type utilisé pour les serres. Avec une pente de 30 degrés au vertical et d'une hauteur de 6,4 m, il permet au soleil de pénétrer jusqu'au fond de cette étable en hiver, mais à un degré beaucoup moindre en été (figure 11).

Figure 11:
COUPE DE L'ÉTABLE SOLAIRE



Source: Adaptation du plan SHUR-GAIN TF-84-03

LE FONCTIONNEMENT

L'aménagement à l'intérieur est similaire à celui décrit pour l'étable froide fermée, avec une aire de stabulation sur litière, une allée de nettoyage, une mangeoire et une allée d'alimentation. Le concept original prévoit une largeur de 12,6 m, ce qui donne une superficie approximative par tête de 7,0 m². Ces dimensions pourraient être réduites, tel que décrit pour l'étable froide fermée, pour diminuer les coûts. L'alimentation et la manutention du fumier sont identiques à celles décrites pour l'étable froide fermée.

LE CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

Les panneaux translucides du toit, en plus de favoriser l'ensoleillement en hiver, permettent aussi un réchauffement à l'intérieur du bâtiment par la radiation. Pour contrôler la température et pour permettre une bonne ventilation naturelle, il y a des panneaux ouvrants dans le mur nord. Le mur sud est ouvert de moitié et recouvert d'un rideau amovible (figure 12). Ces ouvertures sont facilement ajustables avec des mécanismes de manivelles et de câbles.

Figure 12:
RIDEAU AMOVIBLE DANS L'ÉTABLE SOLAIRE

Comme ce concept est récent, il n'y a pas encore de données enregistrées sur l'ambiance intérieure. Cependant, on prévoit faire des mesures de température et d'humidité durant la saison 1988-1989, afin de répondre aux questions soulevées par les producteurs à ce sujet.

Toutefois, les quelques producteurs qui possèdent cette étable « solaire » se disent très satisfaits, et nous croyons en l'avenir de ce concept.

LA COMPARAISON DES COÛTS DE CONSTRUCTION

Le tableau 9 présente une évaluation des coûts des différents genres d'étables froides. Sont inclus également, pour fins de comparaison, les coûts des étables isolées pour le même nombre d'animaux.

Il est évident qu'au point de vue investissement initial, les étables froides représentent des économies considérables.

Tableau 9:
COMPARAISON DES COÛTS (APPROXIMATIFS) DE DIFFÉRENTS TYPES DE LOGEMENT POUR LES SUJETS DE REMPLACEMENT LAITIER.

TYPE DE LOGEMENT	Superficie par génisse		Coût*		
	Section stabulation (sur litière)	Total	Pour un troupeau de 40 vaches laitières		
	m²/tête	m²/tête	Nb sujets	Coût/ tête	Coût total
• Avant sevrage					
a) Huche					
— bois	3,0	—	8	125 $	1000 $
— plastique	3,5	—	8	295 $	2360 $
b) Étable non chauffée (plan M-2342)	2,2	3,3	8	390 $	3120 $
c) Pouponnière chauffée (plan M-2343)	2,2	3,9	8	670 $	5360 $
• Après sevrage					
a) Étable à façade ouverte (plan Q-2402)					
3-10 mois	2,8	5,0	8		
10-24 mois	3,7	6,0	18	335 $	10720 $
24-29 mois	3,7	6,0	6		
b) Étable froide fermée (plan M-2403)					
3-10 mois	2,2	4,5	8		
10-24 mois	3,5	6,9	18	570 $	18240 $
24-29 mois	3,7	7,4	6		
c) Étable solaire (plan Shur-Gain)					
3-10 mois	2,8	5,9	8		
10-24 mois	3,7	7,8	18	785 $	25120 $**
24-29 mois	3,7	7,8	6		
d) Étable laitière isolée					
3-10 mois (en groupe)	2,2	2,6	8		
10-24 mois (entravée)	1,9	6,7	18	890 $	28480 $
24-29 mois (entravée)	2,1	6,7	6		

* En considérant la main-d'oeuvre non spécialisée; ne sont pas inclus — aire pour les vaches taries, plate-forme à fumier, enclos additionnel pour les imprévus.
** Ce coût pourrait être réduit à 20460 $ (640 $/tête) en prenant les mêmes dimensions que pour l'étable froide fermée ci-haut.

CONCLUSION

Jusqu'à récemment, les étables froides pour les sujets de remplacement laitier n'ont pas suscité beaucoup d'intérêt pour la majorité des producteurs de lait du Québec. Cependant, des taux élevés de mortalité et de morbidité des veaux ont attiré l'attention des éleveurs sur cette technique. Plusieurs producteurs ont constaté une amélioration immédiate en logeant les veaux à l'extérieur dans les huches, jusqu'au sevrage, puis dans une autre forme d'étable froide.

Le problème des maladies rencontrées dans les élevages de sujet de remplacement dans les étables chaudes n'est pas nouveau. Voici ce que Udall (28), en 1947, dit des étables chaudes pour l'élevage des veaux: « Le danger principal est atmosphérique, et imputable à l'entassement, aux courants d'air, et à l'air stagnant. Le fait que les veaux élevés dans des bâtiments ouverts à un côté sont exempts de pneumonie, nous indique que le bovin est un animal conçu pour l'extérieur ».

Nous avons fait la démonstration dans cette présentation que les bovins peuvent bien supporter les basses températures, en autant qu'un abri et qu'une litière, sèche et propre, leurs soient disponibles.

Nous considérons que les avantages de l'élevage en étable froide sont les suivants: une diminution du taux de mortalité et de morbidité chez les sujets de remplacement, une diminution des coûts de construction et d'opération du logement, et une augmentation de la productivité des sujets associés à l'amélioration de la santé et aux effets de l'isolement. Les inconvénients des étables froides sont: l'inconfort de l'opérateur, et possiblement une légère augmentation des frais d'alimentation.

En allant visiter des installations déjà construites, le producteur doit décider quel système est le mieux adapté à son entreprise. De plus, il peut être assuré qu'une étable froide peut lui donner un logement très convenable pour l'élevage des sujets de remplacement.

ANNEXE I

LES EFFETS DU SYSTÈME DE LOGEMENT ET DE LA SAISON SUR LE GAIN MOYEN QUOTIDIEN ET DE LA CONSOMMATION DU DÉBUT-VEAU, POUR DES VEAUX HOLSTEIN

	Huches	Étable chaude	Printemps 1975	Été 1975	Hiver 1976	Automne 1977
Gain moyen quotidien (kg/jr)						
0 — 28 jours	,20	,18	,06a	,15b	,33c	,22b
29 — 49 jours	,55	,52	,58b	,37a	,64b	,57b
0 — 49 jours	,36	,33	,29a	,24a	,46c	,38b
Début-veau (g/jr)						
0 — 28 jours	265,1b	197,5a	157,4a	237,6bc	308,5c	221,7ab
29 — 49 jours	1364,7	1290,1	1128,1a	1225,1ab	1554,9c	1398,3bc
0 — 49 jours	736,5B	631,9A	572,3a	637,8ab	800,6c	726,0bc

a,b,c: Dans un même rang, une lettre différente veut dire une différence significative ($P < 0,05$)
A,B: Dans un même rang, une lettre différente veut dire une différence significative ($P < 0,10$)

Source: Mcknight (17)

BIBLIOGRAPHIE

1. **AGRICULTURE CANADA** 1988. Élevage de taures laitières en étable froide. Direction générale du développement agricole. Programme d'essai et d'expérimentation agricole.
2. **ANDERSON, J.F., BATES, D.W.,** 1983. From calves to springers in less than 24 months. Proceedings of the Second National Dairy Housing Conference, ASAE: 251-260
3. **ANDERSON, J.F., BATES, D.W.,** 1984. Clinical cold stress in calves: identification, environmental consideration, treatment and prevention. Bovine Practitioner No. 19: 22-25
4. **APPLEMAN, R.D.,** 1978. Large Dairy Herd Management, University of Florida: 512-515
5. **BEAUREGARD, G., BACHAND, C., LAPOSTOLLE, A., MARTIN, M.,** 1985. Réflexions sur le taux de remplacement des troupeaux laitiers au Québec, Symposium sur les Bovins laitiers, MAPAQ: 73-90
6. **BICKERT, W.G., HERDT, T.H.,** 1985. Environmental aspects of dairy calf housing. Continuing Education Article No. 7, Michigan State University.
7. **BICKERT, W.G.,** 1983. Enclosed cold calf housing. Proceedings of the Second National Dairy Housing Conference, ASAE: 224-229
8. **BRAUN, R.K.,** 1986. Dairy calf health management. Current Veterinary Therapy, W.B. Saunders Co., Toronto.
9. **BRUNSVOLD, R.E., CRAMER, C.O., LARSEN, H.J.,** 1985. Behavior of dairy calves reared in hutches as affected by temperature. Transactions of ASAE, Vol. 28: 1265-1268
10. **CODE CANADIEN DE CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS AGRICOLES,** 1977. Conseil National de Recherche du Canada, Ottawa.
11. **COLLINS, W.H., JONES, G.M.,** 1983. Counter-sloped confinement and permanant hutch rearing facilities for dairy heifers. Proceeding of the Second National Dairy Housing Conference, ASAE: 261-272
12. **HANCOCK, D.,** 1984. Effects of the environment on neo-natal dairy calf health. Bovine Proceedings No. 16: 85-87
13. **HEINRICHS, H.J. GRAVES, R.E.,** 1988. Your farm may need a weaning pen. Hoard's Dairyman, Feb. 25: 157
14. **HEINRICHS, H.J., KIERNAN, N.E., HUTCHINSON, J.J.,** 1987. Survey of calf and heifer management practices in Pennsylvania dairy herds. Journal of Dairy Science, Vol. 70, No. 4: 896-904
15. **KAINS, F.,** 1975. The Calf Nursery. OMAF factsheet 75-021
16. **KLINGBORG, D.J.,** 1986. Preventing calf pneumonia. Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian, Vol. 8 No. 11: F112-F114
17. **MCKNIGHT, D.R.,** 1978. Performance of newborn dairy calves in hutch housing. Can. J. Animal Science 58: 517-520
18. **MENZI, W.,** 1983. Planning heifer housing facilities. Proceedings of the Second National Dairy Housing Conference, ASAE: 244-250
19. **MILNE, R.J.,** 1983. Warm housing for dairy calves. Proceedings of the Second National Dairy Housing Conference, ASAE: 230-234
20. **PLANTE, C.,** 1978. La génisse laitière-productrice de demain. Symposium sur les Bovins laitiers, MAPAQ.
21. **PETITCLERC, D., LAROCHE, J.L., BRISSON, J., JALBERT, J.,** 1985. Croissance de la génisse laitière, régie et alimentation. Symposium sur les Bovins laitiers, MAPAQ: 9-31
22. **RAWSON, R.E., DZIUK, H., GOO, A., ANDERSON, J.F., BATES, D.W., RUTH, G.R., SERFASS, R.C.,** 1988. Health of newborn Holstein calves in severe cold. The Bovine Proceedings, No. 22: 88-90
23. **RODENBURG, J., KAINS, F.A.,** 1984. Hutch housing for calves. OMAF Factsheet, 84-010
24. **STONE, R.P.,** 1988. OMAF, Brighton; Plan 32-410-88
25. **STONE, R.P.,** 1982. Recent developments in open-front dairy heifer housing design. CSAE paper No. 82-204

26. WALTNER-TOEWS, D., MARTIN, S.W., MEEK, A.H., 1986. The effect of early calfhood health status on survivorship and age at first calving. Can. J. Vet. Research, Vol. 50, No. 3: 314-317

27. HOLMES, B.J., LARSEN, H.J., BRINGE, A.N., 1983. The calf hutch in cold climates — management considerations. Proceedings of the Second National Dairy Housing Conference, ASAE: 216-223

L'AGRICULTURE PAR CHOIX ET AGRICULTEUR PAR FORMATION

Jean Bissonnette,
Gilles Bissonnette,
Jean-Luc Laroche,
Jacques Brodeur

INTRODUCTION

Nous ressentons tous, de temps en temps, le besoin de nous arrêter pour réfléchir à différentes questions préoccupantes. Quel est l'importance d'une formation de base avant de se lancer en agriculture? Comment améliorer notre qualité de vie? Quel est le rôle des différents intervenants sur la ferme? Ce sont là les thèmes que nous aborderons dans cette présentation.

C'est pour moi un très grand honneur d'être invité à partager notre expérience et nos opinions sur ces questions avec vous. Nous ne désirons pas vous présenter des modèles ou des recettes, mais plutôt susciter une réflexion sur certaines situations et problèmes rencontrés sur les fermes d'aujourd'hui. Afin de bien situer le contexte dans lequel seront tenus ces propos, nous vous présentons dans un premier temps un aperçu de notre ferme.

PRÉSENTATION DE LA FERME VAL-BISSON

Les débuts de la ferme paternelle se situent en 1956 par l'achat d'une ferme abandonnée depuis plusieurs années. Bien que relativement récente, l'histoire de notre ferme a été des plus mouvementée tel que démontré à l'ANNEXE 1. Cette ferme s'est à la fois développée dans le domaine de la culture commerciale et dans celui de la production laitière, dans le but d'obtenir une ferme auto-suffisante et bien équilibrée.

Plusieurs personnes travaillent sur la ferme. Présentement, en plus de mes parents (Gilles et Monique) et moi-même, nous employons une autre personne à l'année, soit Denis Leblanc, qui est diplômé de l'ITA de St-Hyacinthe en « Gestion d'entreprise agricole ». À cette équipe vient s'ajouter un stagiaire de France des mois d'avril à octobre.

Depuis près de 5 ans, l'entreprise vit de nombreux changements au niveau des structures et de la répartition des responsabilités, afin de préparer son transfert de propriété pour le début de l'année 1989. C'est pour moi un défi des plus stimulants que de prendre la relève de mes parents sur cette ferme, tout en continuant son développement au même rythme.

L'efficacité a toujours été une priorité à travers l'histoire de notre entreprise. Voici quelques-uns des outils qui contribuent grandement à son efficacité.

— Syndicat de Gestion Agricole (SGA):

Nous sommes membres du SGA Beauharnois-Vaudreuil-Soulanges depuis sa fondation en 1982. Ce groupement nous apporte un service d'analyse et de conseils technico-économiques des plus intéressants, par le biais de l'« analyse de groupe » et du conseiller en gestion. Les différents cours organisés par le groupe, sont aussi un outil de formation continue et de mise à jour essentiel. N'oublions pas de mentionner un autre aspect important du SGA, soit le regroupement d'agriculteurs ayant le désir de progresser et d'échanger.

— Ration Totale Mélangée (RTM):

Outre une augmentation de la production de lait imputable en partie à ce mode d'alimentation, la RTM a contribué à l'abaissement de nos coûts de production par une plus grande consommation de matière sèche, une valorisation maximale des fourrages et l'utilisation d'aliments moins dispendieux. D'autres avantages non négligeables de ce système sont l'amélioration de la santé du troupeau et la mécanisation de l'alimentation, qui ne demande alors que très peu de main-d'oeuvre et nécessite beaucoup moins de temps. Par contre, il faut en mentionner les aspects moins intéressants qui sont une tendance des animaux à engraisser et un suivi plus serré de l'alimentation.

— Absence de pâturages et de parc d'exercice pour les vaches en production:

Cette pratique très controversée est appliquée sur notre ferme depuis 1985 et n'a pas emmené d'inconvénients majeurs sur la santé des vaches. Les aspects positifs associés à ce genre de régie sont une diminution du temps de travail et un meilleur suivi individuel des vaches. N'étant pas installé pour alimenter les vaches à l'extérieur, nous avons préféré investir sur un plus grand confort et une meilleure ventilation à l'intérieur de l'étable.

— Ordinateur:

Depuis plusieurs années, nous nous intéressons à l'informatique et à ses applications possibles sur la ferme. Au courant de l'hiver 1987, un achat de groupe à l'intérieur de notre SGA a été l'occasion de passer aux actes. Les programmes achetés pour application dans l'entreprise sont: un programme de comptabilité pour PME, un programme de gestion de troupeau laitier et un programme comprenant une base de données, un chiffrier ainsi qu'un traitement de texte. Cette récente acquisition nous emmène beaucoup de satisfaction, malgré un temps d'adaptation frustrant et difficile. L'informatique nous emmène à être plus précis dans notre gestion et nous ouvre d'innombrables possibilités de compilations et de calculs.

LA FORMATION EN AGRICULTURE, « QUOSSADONNE »

Comme tout fils d'agriculteur, mon implication sur l'entreprise familiale s'est faite de façon graduelle en participant quotidiennement depuis mon enfance aux soins des animaux, en aidant aux travaux des champs, etc. Bien qu'à l'aise dans ces tâches, mon goût pour l'agriculture et l'élevage s'est plutôt développé au contact d'autres jeunes de mon âge, en participant aux activités de mon cercle de jeunes ruraux et aux expositions agricoles. Puis est arrivée la fin du secondaire et le temps de prendre une décision sur l'orientation de ma carrière. Naturellement, mon coeur était déjà vendu à l'agriculture, mais considérant les problèmes d'allergies respiratoires dont je suis atteint depuis mon jeune âge, il n'était pas évident que je devais choisir cette profession.

Dans ma famille, les études ont toujours été valorisées. D'ailleurs mon père avait suivi un cours moyen d'agriculture à l'école de Ste-Martine au début des années « 50 » et m'encourageait à faire de même. Ce cours lui avait permis d'acquérir les notions de base de l'agriculture (botanique, zoologie, etc.) et une mentalité progressiste face à l'agriculture traditionnelle de cette période. Ses études l'obligeaient à partir de la ferme pendant les mois de novembre à avril. Son absence enlevait sur la ferme une main-d'oeuvre importante et augmentait la charge de travail de ses parents.

Ses études l'ont amené à mieux comprendre le « pourquoi » et le « comment » des techniques agricoles. Elles lui ont aussi conféré la ténacité nécessaire pour résister aux pressions conservatrices de son milieu, face aux innovations qu'il a introduites sur sa ferme: insémination artificielle en 1956, engrais chimique en 1957, 1re tentative de luzerne en 1958, drainage en 1960, « haylage » en 1965, soya en 1972, etc. Il est de la génération de ceux qui ont fait passer l'agriculture québécoise, alors à l'état d'agriculture de subsistance

fortement marquée par la récession des années « 30 » et la 2e guerre mondiale, à une agriculture commerciale grandement sophistiquée. Il aime d'ailleurs me rappeler la philosophie d'un de ses vieux professeurs qui disait: « pour réussir en agriculture, il faut faire ce que personne ne fait » ou plutôt le faire avant tout le monde.

Me voilà donc inscrit à l'ITAA de St-Hyacinthe en zootechnologie, préférant ce cours à celui de Gestion d'Entreprise Agricole, car il m'offrait plusieurs opportunités d'emplois advenant l'impossibilité de prendre la relève sur la ferme. Terminant mes études en 1984, j'ai retiré de ce cours une très bonne formation technique. Avec un peu de recul, j'ajouterais ces quelques avantages au fait de suivre un cours condensé dans une institution d'enseignement agricole:

— formation sur une courte période de temps (2 ou 3 ans) plutôt qu'étalée sur plusieurs années;

— formation complète tant du point de vue humain que technique, ce qui permet de développer aussi notre esprit d'analyse et notre personnalité;

— la rencontre de personnes de différents endroits amène des confrontations d'idées intéressantes et permet le développement d'un réseau de relation professionnelle à travers le Québec;

— l'obligation de s'éloigner de l'entreprise nous permet de mieux nous concentrer sur nos études et d'acquérir une certaine autonomie vis-à-vis notre milieu familial.

À la fin de mes études, j'ai eu l'opportunité de travailler comme remplaçant-surveillant au PATLQ durant un été, avant de revenir sur la ferme paternelle. Cette expérience d'un emploi à l'extérieur fut très enrichissante. Elle m'a permis de mieux évaluer l'entreprise familiale en visitant un grand nombre de ferme et d'apprécier les nombreux avantages de la vie d'agriculteur.

Je ne considère pas ma formation terminée avec l'obtention d'un diplôme de technologiste agricole. Je mets beaucoup d'importance sur une mise à jour de mes connaissances par la lecture de revues canadiennes, américaines et internationales, le suivi de cours d'appoint (SGA), de cours par correspondance et la participation à des conférences. Bien que possédant une base intéressante, je crois qu'il y a toujours quelque chose à approfondir et à perfectionner.

L'implication sociale est une autre activité qui nous tient à coeur dans la famille. C'est une activité des plus formatrice du point de vue humain; elle l'est aussi indirectement par les opportunités et contacts qu'elle apporte.

Notre métier d'agriculteur s'est grandement sophistiqué avec l'avénement de régies de production élaborées et les moyens techniques à notre disposition. Le jeune débutant en production agricole sans formation de base solide, ne comprendra pas le pourquoi des différents gestes qu'il doit poser, il sera l'exécutant des conseils des autres. Tout comme l'employé d'usine qui accomplit fidèlement les routines pensées par les autres. Alors que nos parents comptent sur l'accumulation de nombreuses années d'expériences, pour cheminer dans le labyrinthe de la gestion technique et financière, trop souvent leur relève n'a même pas la formation adéquate pour s'y aventurer.

Il serait intéressant de comparer l'achat d'une nouvelle machinerie complexe et l'acquisition d'une entreprise agricole (toute comparaison étant cependant boiteuse). Si je n'étudie pas le guide de fonctionnement suite à l'achat de ce type de machinerie, je devrai m'initier à son fonctionnement en essayant des choses et en m'informant auprès des autres. J'apprendrai à force d'erreurs parfois coûteuses et d'usure prématurée. De plus, pourrai-je vraiment tirer le maximum de mon investissement? Il en va de même pour

la formation agricole: elle est le « manuel » pour une opération rationnelle de nos fermes. Ah, mais certain passeront tout de même au travers; au prix de combien d'efforts superflus, de sacrifices (qualité de vie) et de temps perdu. Nous ne parlons pas de l'achat d'une machinerie de 30 000 $, mais d'une entreprise de 500 000 $ à 1 000 000 $.

S'il est vrai que la formation agricole a été un atout important dans la réussite de plusieurs agriculteurs de la génération précédente, elle est essentielle, pour nous jeunes de la relève.

LA QUALITÉ DE VIE: UN RÊVE?

« . . . Aujourd'hui, je suis certain que la santé c'est fait pour autre chose que seulement le travail, que le travail c'est fait pour autre chose que seulement la rentabilité. » (1)

L'idée de la qualité de vie appliquée au milieu agricole est un concept nouveau qui en fait sourire plus d'un. La venue d'agriculteurs bien formés, pouvant allier avantageusement les nouveaux développements technologiques, les ressources de leur milieu, leur talent de communicateur et de motivateur, nous laisse entrevoir des possibilités d'amélioration de nos conditions de travail et de vie.

INTERROGATIONS SUR LA QUALITÉ DE VIE

Traditionnellement, notre métier demande de longues heures de durs labeurs pour une rémunération parfois marginale. Pour ces raisons, la nouvelle mode de la qualité de vie semble des plus abstraite et, pour ma part, suscite plus de questions qu'elle n'apporte de réponses.

Considérant la tendance de notre société québécoise vers les loisirs, le moment serait-il venu pour le milieu agricole de se pencher sur sa façon de travailler, sa façon de vivre?

Quelle satisfaction, quelle signification prennent nos activités quotidiennes, si elles ne sont motivées que par des impératifs économiques? (l'agriculteur au service des vaches ou les vaches au service de l'agriculteur?)

Quelle est la valeur d'une technologie qui contribue à détériorer notre milieu de vie?

Qu'apporte la recherche d'une rentabilité, d'une productivité accrue qui ne définit plus l'agriculture qu'en terme de chiffres et de calculs?

La rentabilité comme outil pour réaliser nos rêves, même les moins rentables, c'est très bien. Que faire cependant lorsque la valeur de l'agriculteur est proportionnelle au seul niveau de rentabilité de l'entreprise, lorsqu'elle devient une fin en soi au détriment de nos rêves? (la vie se meuble de réalités, mais se nourrit de rêves)

Nous abordons là des considérations philosophiques sur lesquelles une personne qualifiée devrait se pencher plus longuement. Il est davantage de mon ressort de parler des diverses façons que nous employons pour alléger notre tâche et améliorer la qualité de vie sur notre ferme.

BUTS PERSONNELS ET COLLECTIFS

L'idée de la qualité de vie revêt selon les interlocuteurs des significations les plus diverses. Tantôt, il sera question de meilleures conditions de travail,

de plus de temps libres, d'une meilleure vie familiale, d'une valorisation de son ouvrage, etc. Il me semble évident cependant qu'une meilleure qualité de la vie passe par une identification adéquate des buts poursuivis par chacun.

À la fin de ma carrière, lorsque dans un moment de nostalgie je me retournerai sur mes réalisations, quel commentaire aurai-je:

« J'ai la plus grosse ferme laitière et céréalière de Vaudreuil-Soulanges, ainsi qu'une des plus grosses moyennes de lait du Québec! » ou plutôt « Je suis heureux avec ma famille; ma ferme m'a bien fait vivre; j'ai réalisé de quoi dans mon milieu; j'ai montré mes talents d'éleveur ».

Mon but ultime dans mon engagement en agriculture se rapproche plus de la seconde option. Bien sûr, étant plusieurs personnes à travailler et vivre sur la même ferme, nos objectifs vont différer. Il est normal que mes parents, commençant à entrevoir une retraite des plus méritée, voient avec réticence mes projets d'expansion ou les autres projets qui animent tous les jeunes. La coordination de leurs projets et priorités, tout comme ceux de notre employé, avec les miens évitera des frictions et des mauvaises surprises. Cependant, elle modifie ma stratégie pour arriver à mes buts. Si tout le monde ne poussent pas dans la même direction (ce qui est normal), au moins je sais dans quelle direction chacun pousse.

RÔLES DE CHACUN DANS L'ENTREPRISE

Il est difficile pour quiconque songeant à prendre la relève d'une ferme de dimension respectable de tout faire et de tout apprendre en même temps. La délégation de responsabilités et le travail en équipe ont donc pris sur notre ferme une très grande importance depuis plusieurs années.

Nous essayons de répartir à chacun, selon ses affinités, les domaines dont il sera responsable. En faisant intervenir plusieurs personnes dans chaque domaine, plus d'une personne est ainsi au courant de ce qui se passe.

Bien qu'incomplète, la répartition suivante pourrait s'appliquer à notre entreprise (Tableau 1).

Tableau 1:
RÉPARTITION DES CHAMPS D'ACTIVITÉ

Champ d'activité	Responsable(s)	Participant(s)
— Gestion financière	Gilles et Jean	Monique
— Budgets	Jean	Gilles
— Comptabilité	Monique	Jean
— Paies et retenues	Gilles	
— Entretien des dépendances et embellissement du terrain	Gilles et Monique	Denis et Jean
— Supervision de la main-d'oeuvre	Jean	Gilles
— Gestion des champs	Gilles	Jean
— Entretien et réparation de la machinerie et équipement d'étable	Gilles et Denis	Jean
— Gestion et soin du troupeau laitier	Jean	Denis et Gilles
— Alimentation	Jean et Denis	
— Génétique	Jean	Gilles
— Exposition	Gilles	Jean

Naturellement, ceci n'est pas une division restrictive des responsabilités; lorsqu'arrive les périodes de travaux, nous participons tous à la tâche.

IMPORTANCE DE LA MAIN-D'OEUVRE EXTÉRIEURE

En 1973, ayant profité de différentes opportunités pour augmenter le troupeau et la superficie cultivée, la main-d'oeuvre estivale ne suffisait plus à alléger la tâche, ce qui nous amena à engager notre premier employé permanent. Daniel resta 4 ans à notre service et nous quitta pour un projet d'association. Notre second employé resta avec nous de 1977 à 1984. Quant à Denis, l'employé actuel, il collabore avec nous depuis 2 ans déjà.

Depuis 1982, nous avons en plus une aide estivale, par l'entremise de stagiaires de l'ITA, ou de stagiaires européens (OFQJ-UPA). Nous les apprécions d'autant plus que cela nous fournit des occasions d'échanges très enrichissants.

En discutant avec d'autres producteurs du SGA, j'ai constaté les différents points de vue face au travail des employés. Pour certains ce sont des esclaves qui doivent faire, pour des salaires ridicules, les tâches les plus ingrates; pour d'autres, ce sont les exécutants de routines pré-définies; finalement, quelques-uns les présenteront comme des collaborateurs essentiels auxquels on demande une grande part d'initiative et d'imagination. On observe que c'est dans cette dernière catégorie que se retrouvent les employés les plus stables.

Pour ma part, j'avoue être passé par les 2 premières catégories et j'espère être arrivé à la troisième. En effet, je supervise depuis 1982 le travail des stagiaires et j'avoue avoir appris beaucoup ... de mes erreurs. Je crois qu'on ne naît pas bon « boss », mais qu'on le devient lorsqu'on s'aperçoit qu'on a plus besoin de ses employés, qu'ils ont besoin de nous et lorsqu'on se fatigue à en entraîner sans cesse de nouveaux. Les plus grandes qualités d'un employeur seraient la patience, l'ouverture d'esprit, mais surtout la disponibilité à communiquer.

Chacun a ses exigences, selon sa situation propre, face au style d'employé à engager. Pour ma part, je préfère une personne avec une formation agricole et différentes expériences de travail en agriculture. Il comprendra mieux notre façon de travailler pour, lors de consultations, proposer des améliorations à nos routines de travail, soumettre des solutions aux problèmes rencontrés et argumenter ses divergences d'opinions. Notre employé actuel ayant travaillé sur plusieurs entreprises, sa grande compétence nous est des plus précieuse.

Un tableau tiré du Hoard's Dairyman de mai 1987 nous apporte un éclairage intéressant sur le manque de compréhension des employeurs concernant les besoins prioritaires des employés face à leur emploi.

Tableau 2:
IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTES CONDITIONS RELIÉES À L'EMPLOI

Facteurs considérés	Rang d'importance relative	
	l'employé	l'employeur
Juste appréciation du travail effectué	1	8
Implication dans les décisions	2	10
Sympathie lors de problèmes personnels	3	9
Sécurité d'emploi	4	2
Conditions salariales	5	1
Tâche intéressante	6	5
Possibilités d'avancement	7	3
Honnêteté envers les employés	8	6
Bonnes conditions de travail	9	4
Diplomatie dans la discipline	10	7

Il est intéressant de noter que les 3 facteurs jugés les moins importants pour les employeurs sont au contraire prioritaires pour les employés.

Ne devrions-nous pas considérer la relation employé-employeur comme un échange reposant sur des besoins mutuels?

Et si l'emploi ne correspond plus à ses attentes, il vaut mieux un employé qui part en bon terme, qu'un individu qui nous en tient rigueur.

RÔLES ET INTER-RELATION DES DIFFÉRENTS INTERVENANTS SUR UNE FERME LAITIÈRE

IMPORTANCE DES INTERVENANTS VS COMPLEXITÉ DES FERMES

La dimension et la complexité des opérations des fermes laitières modernes, nous obligent à appliquer des connaissances très diversifiées. On ne peut tout connaître, être à la fine pointe dans tous les domaines. Notre champ de connaissances est fonction de notre formation de base et de nos sphères d'activités quotidiennes, d'où la nécessité de puiser informations et services auprès de différents spécialistes. Sur la ferme Val-Bisson, les principaux intervenants extérieurs auxquels nous référons sont: le vétérinaire praticien, les représentants techniques de nos fournisseurs, conseillers en gestion, consultant en nutrition, autres producteurs agricoles, agronome du MAPAQ, inséminateur, comptable et fiscaliste. L'agriculteur étant avant tout un généraliste, il lui faut s'entourer de spécialistes.

Le producteur se doit de comprendre le langage de ces différents intervenants, autre point en faveur de la formation, afin de poser les bonnes questions, prendre les bonnes décisions et éviter de tomber dans le piège de ceux qui proposent des solutions faciles (miraculeuses) aux problèmes agricoles.

CHOIX ET RÔLES DES INTERVENANTS

Un vieux dicton populaire nous dit qu'« une chaîne n'est jamais plus forte que le plus faible de ses maillons ». Celà pourrait aussi s'appliquer à l'équipe d'intervenants qui travaille sur la ferme; l'intervenant dont les compétences sont en deçà de celles des autres, limitera à son niveau les performances technico-économiques.

Choix de nos intervenants:

Il est important de bien connaître les forces et les faiblesses de l'entreprise, au point de vue technique et gestion. Nous porterons ensuite une attention particulière au choix des intervenants dans chaque domaine, comblant ainsi nos faiblesses pour équilibrer nos champs de compétence. Cette analyse nous permettra de mieux choisir les intervenants qui nous feront progresser. Pour être parmi les meilleurs, il faut s'entourer des meilleurs!

Nous considérons que, dans le choix de nos intrants (moulées, semences, engrais, etc), le service offert compte autant que le coût et la qualité du produit; à quoi sert le meilleur des herbicides s'il est employé avec une mauvaise recommandation?

À la ferme Val-Bisson, les consultants et fournisseurs avec lesquels nous travaillons sont choisis en fonction de:

— leur compétence
— de la qualité du produit ou service offert

— de leur capacité à s'informer lorsqu'ils sont incertains (je ne connais pas tout, alors pourquoi l'exiger des autres?)
— de leur capacité à se tenir à la fine pointe des développements dans leur domaine
— du rapport qualité/prix offert
— de leur capacité à viser notre intérêt
— de leur disponibilité
— de leur stabilité (être installé dans la région vs vendeurs itinérants)

La consultation de confrères agriculteurs ou de certains intervenants (vétérinaire, surveillant du PATLQ, agronome, etc) peut être très utile pour guider notre choix. Et tant mieux si notre choix s'arrête sur quelqu'un habitant notre paroisse ou connaissant la famille depuis longtemps.

Dans ce domaine comme dans bien d'autres, il n'est pas nécessairement bon de butiner un peu partout, on risque de se faire une réputation de « changeux » et la qualité du service offert s'en ressentira. Lorsqu'il y a un problème, ceux qui nous aideront à le résoudre doivent connaître notre régie, notre organisation. Même si on est porté à écouter les promesses de la concurrence, qui n'en attend que l'occasion, ce n'est pas le temps de changer (à moins que le problème soit directement relié au fournisseur ou à l'intervenant).

Rôles des intervenants:

Nous sommes souvent tentés de laisser les intervenants prendre les décisions pour nous. C'est beaucoup plus simple et, de plus, ne connaissent-ils pas leurs affaires? Soit, ils ont une place dans l'entreprise, mais ne leur laissons pas toute la place! N'oublions pas que ceux qui vivent sur la ferme sont directement concernés par les conséquences de la décision à prendre. Laisserions-nous notre prospérité et notre qualité de vie entre les mains des autres?

Je porterai votre attention sur d'autres pièges à éviter. Nous sommes souvent portés à confondre renseignement professionnel (scientifiquement démontrable) et opinion personnelle (jugement de valeurs). C'est comme si notre vétérinaire nous conseillait sur nos priorités d'investissement; son opinion personnelle peut être intéressante, mais il n'a pas nécessairement la formation pour nous conseiller « professionnellement » sur cette question. Heureusement la majorité des intervenants ont assez de discernement pour le spécifier, lorsqu'ils s'engagent dans le domaine des opinions.

De plus, n'oublions pas que disponibilité ne signifie pas compétence. Ce n'est pas toujours les intervenants les plus faciles à rejoindre qui feront les recommandations les plus à propos. Ni ceux qui sont toujours rendus chez nous. Les gens très compétents sont habituellement très occupés.

Ceux d'entre vous, qui êtes dans des entreprises de service, savez à quel point les attentes peuvent différer d'un producteur à l'autre. Une adaptation aux attentes du client est essentielle pour offrir un service apprécié. Nous demandons à notre vétérinaire de travailler principalement sur la prévention, alors que mon voisin appelle ce vétérinaire seulement pour les urgences; notre voisin demande à notre représentant de meunerie de balancer ses rations, alors que je le fais moi-même. Et nous sommes tous les deux pleinement satisfaits des services offerts.

IMPORTANCE D'UNE BONNE COORDINATION DU TRAVAIL DE CHACUN

« Une bonne communication entraîne une bonne concertation. »

Est-ce qu'on pourra tirer plus d'informations en posant systématiquement la même question à plusieurs intervenants du même domaine pour confronter leurs opinions ou en posant plusieurs questions au même intervenant? Et lorsque se présente une situation demandant une approche multidisciplinaire, quelle procédure suivre pour utiliser de façon optimale les ressources de notre milieu?

Nous avons tous notre façon de procéder en ces circonstances. Alors que le producteur est porté à confronter les opinions, les intervenants aiment bien que l'on accorde toute l'attention voulue à leurs recommandations. Diverses consultations, avec les personnes concernées, nous ont amenés à faire une réflexion sur le sujet.

Chacun d'entre nous, entretient une relation privilégiée avec un intervenant en particulier (vétérinaire, surveillant du PATLQ, etc) duquel parviendra la majorité des informations dans un domaine donné. La tactique consistant à prendre l'opinion de plusieurs spécialistes, de façon routinière, sur différents problèmes, pourra amener plus de confusion qu'autrement, car la recommandation donnée par chaque intervenant est fonction de son expérience et des informations reçues du producteur. Si ces informations ne sont pas exactement les mêmes, les réponses différeront.

De plus, l'intervenant sachant qu'un producteur en particulier emploie cette tactique de confrontation d'opinions, sera enclin à donner une réponse plus rapide, à faire moins de recherches, gardant son énergie et son temps pour les clients, lui faisant pleinement confiance.

Lorsqu'on me fait une recommandation que je ne comprends pas ou que je trouve contestable, je n'hésite pas à poser des questions. Si je n'obtiens pas de réponse satisfaisante ou qu'un doute persiste, je consulte un autre intervenant.

S'il surgit un problème demandant l'intervention de plusieurs spécialistes, une rencontre avec ceux-ci peut être souhaitable. Ils pourront se communiquer leurs informations en travaillant sur les mêmes hypothèses, pour en arriver à des solutions communes. Ceci permet de réduire une certaine déviation de l'information qui se fait normalement dans le cas de bouche à oreille et réduit les problèmes d'interprétation (la concertation est de loin préférable à la confrontation qui, semant le doute et la confusion dans notre esprit, ne fera pas évoluer la situation et pourra même jeter du discrédit sur les différentes professions impliquées). Mais cette approche demande l'établissement d'une relation de respect et de confiance entre les différents intervenants et ce, avant l'apparition d'une situation litigieuse. Pour ce faire, dans certaines régions du Québec, des individus organisent mensuellement des réunions d'échange et de concertation, regroupant l'ensemble des professionnels intervenant au niveau des producteurs laitiers. Cependant, malgré leur grande compétence, ces professionnels ne possèdent pas de don de voyance, ne connaissent pas le futur et ne peuvent trouver de solutions miracles à tous nos problèmes.

En 1988 plus que jamais, l'intervention de plusieurs spécialistes pour circonscrire toutes les données inhérentes aux différentes situations rencontrées sur la ferme est de mise. Une approche multidisciplinaire dans la concertation, semble donc le meilleur moyen pour s'assurer d'un bon appui technico-économique en toutes circonstances, réduisant en grande partie le stress, augmentant notre rentabilité et notre qualité de vie.

CONCLUSION

Au seuil de l'an 2000, nous devons plus que jamais instaurer une bonne qualité de vie sur nos fermes, tout en continuant de rechercher une efficacité accrue. Une bonne formation et une bonne condition entre les intervenants sont 2 atouts à ne pas dédaigner dans la quête de ces buts. Dans un contexte économique incertain, la communauté agricole se doit de se serrer les coudes

et de valoriser l'entraide. Par cette présentation, nous avons tenté à notre façon d'apporter notre contribution à ce mouvement.

Il est loin le temps où les jeunes prenaient la succession de la ferme par nécessité économique ou par obligation sociale. De nos jours, on peut devenir agriculteur par choix et de plus en plus je l'espère, avec l'assistance d'une formation.

ANNEXE 1

HISTORIQUE DE LA FERME

— acquisition en 1956 d'une ferme laissée à l'abandon depuis quelques années. La ferme achetée comprenait: 152 acres de terrain en très mauvaise condition, une grange à foin de 36' par 90' pouvant abriter 18 vaches. Mon père y amène 15 vaches croisées et quelques génisses dont 2 génisses pur-sang;
— en 1957, aménagement de la grange à foin pour y installer 30 places attachées et un « box-stall »;
— en 1959, construction d'une étable froide ouverte pour les taures et vaches taries;
— de 1960 à 1962, drainage souterrain des terres cultivables;
— en 1965, première participation au concours du Mérite Agricole. La ferme passe dans la catégorie médaille d'argent et termine seizième;
— en 1967, une allonge est construite à la grange pour aménager une étable à logettes de 60 places. L'ancien bâtiment est transformé en une salle de traite « double quatre » de style « herringbone »;
— en 1970, seconde participation au concours du Mérite Agricole pour récolter une troisième place dans la catégorie médaille d'or;
— en 1973, l'étable est prolongée suite à l'accroissement du troupeau et un nouveau terrain (60 acres) est acheté puis drainé un an plus tard;
— Première participation en 1974 à notre exposition agricole local avec un exhibit complet, remportant le trophée de premier troupeau d'éleveur et la bannière d'éleveur;
— en 1975, dernière participation au concours du Mérite Agricole où mes parents sont décorés du titre de Commandeurs en se classant premiers pour la médaille d'or;
— 1983 marque de grands changements: c'est la reconversion de l'étable à logettes en étable entravée et l'adoption de l'alimentation par RTM
— en 1984, retour de Jean sur la ferme à plein temps
— en 1987, début des discussions en vue du transfert de la ferme
— début 1989, transfert « officiel » de l'entreprise.

ANNEXE 2

LE SOL ET LES CULTURES

Aux 85 ha que nous possédons s'ajoutent 90 ha en location de voisins immédiats. Ces terrains sont tous drainés souterrainement. Ils se composent en grande partie d'argile Ste-Rosalie, avec aussi présence de terre franche limono-argileuse Dalhousie et de terre franche St-Bernard.

Les cultures en 1988 se répartissaient ainsi:

— 74 ha en maïs-grain
— 55 ha en prairie

— 20 ha en blé de consommation humaine
— 13 ha en pâturage
— 10 ha en soya
— 4 ha en boisé

ANNEXE 3

INVENTAIRE DU TROUPEAU AU 15 MAI 1988

Nous possédons un troupeau Holstein de race pure se composant de 115 têtes dont 56 vaches, 36 taures et 23 génisses. La classification du troupeau est de 1 EX, 13 TB, 24 BP, 5 B, 13 NC. La production du troupeau se situait au 31 décembre 1987 à 7991 kg de lait à 3,55% de gras pour un MCR de 176-170.

ANNEXE 4

RÉGIE ALIMENTAIRE DU TROUPEAU

Les vaches sont alimentées selon le système de Ration Totale Mélangée (RTM). Le troupeau est divisé en 4 groupes de vaches en production et 1 groupe de vaches taries. Les niveaux de production selon lesquels sont balancées les rations sont habituellement autour de 43 kg de lait pour le groupe 1, 35 kg pour le groupe 2, 27 kg pour le groupe 3 et 18 kg pour le groupe 4. Une partie du groupe 4 sert à balancer une ration pour les génisses de 6 mois à 1 an. Les taures plus âgées ont des mélanges particuliers adaptés à leur besoin.

Les aliments suivants servent à l'élaboration des rations:

— ensilage de luzerne (semi-sec)
— ensilage de mil
— maïs-grain humide
— soya traité
— supplément protéique à faible dégradabilité
— minéraux, vitamines et éléments tampons
— foin sec (servi en 2 repas à part de la ration)

ANNEXE 5

PROGRAMME D'ÉLEVAGE

Le transfert d'embryons joue un très grand rôle dans notre programme d'élevage. Cette technique nous permet de multiplier le nombre de génisses de nos meilleures vaches et nous permet d'obtenir un gain génétique plus rapide. Nous préférons superovuler des vaches relativement jeunes car la réponse est meilleure. Il s'agit d'ailleurs d'une génétique plus avancée; une Starbuck TB d'une Enhancer vaut mieux qu'une Kennedy TB d'une Chieftain. Nous préférons superovuler plusieurs vaches 1 ou 2 fois et attendre le résultat plutôt qu'une seule vache plusieurs fois (c'est comme un investissement à la bourse, vaut mieux ne pas mettre tous ses oeufs dans le même panier). Cette stratégie nous permet d'identifier les bonnes éleveuses plus tôt, en nous évitant de perdre temps et argent sur une bonne vache qui élève mal. De plus, nous pouvons vendre plus de sujets de bonne qualité considérant la qualité de la relève et utiliser plus de taureaux de production sur nos vaches « ordinaires ».

Nos critères dans le choix des vaches à superovuler sont: vaches classifiées très bonnes ou mieux, index positifs, descendants prometteurs et une généalogie acceptable. Le tableau suivant résume bien notre programme d'élevage.

Tableau 3:
STRATÉGIE D'ÉLEVAGE

Rang dans le troupeau	Description	Utilisation
90% et mieux	— TB ou EX, — IPG positif — bonnes filles — mères BP et mieux	— Superovulation
70 à 90%	— TB à index nég. — BP à index pos.	— laisser se reproduire en utilisant les meilleurs taureaux — vente à d'autres éleveurs
40 à 70%	— BP moyennes en lait — B très fortes en production	— utilisation de PEP — ventes pour le lait — receveuses
1 à 40%	— BP faible en lait — B moyenne en lait	— receveuses ou élimination

Afin de diversifier nos familles de vaches, nous achetons à l'occasion de jeunes sujets possédant une bonne généalogie.

Les buts poursuivis dans notre élevage sont, à court terme l'augmentation du nombre de vaches payantes (très bonne production laitière et bonne conformation) et à plus long terme, l'élevage de taureaux pour les centres d'insémination.

Tableau 4:
INVENTAIRE GÉNÉTIQUE DU TROUPEAU SELON LES INDICES DES PÈRES

Catégories	Indices moyens des taureaux utilisés			
	Cote finale	Lait	Gras	Protéine
Vaches de 3 lactations et plus	5,9	0,5	0,4	0,6
Vaches de 1re et 2e lactation	4,7	4,4	5,0	5,0
Taures gestantes	7,9	5,1	7,8	6,8
Taures non gestantes et génisses	8,1	8,2	10,7	10,2
Saillies	9,6	7,8	11,0	9,6

RÉFÉRENCES

1. **BRODEUR, JACQUES** (1987): La rentabilité ... puis après?, Le producteur laitier, août-septembre 1987, p. 12

ON NOURRIT DE
GRANDS
projets

Gouvernement du Québec
**Ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation**

88-0139